

# **Melhorias no fabrico e balanceamento de um produto em arranque de produção**

*Rúben Filipe Morais Morgado Osório Ferreira*

**Dissertação de Mestrado**

Orientador: Prof. António Miguel Gomes



**Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica**

2016-07-04

*“It always seems impossible until it’s done”*

*Nelson Mandela*

## Resumo

A presente dissertação, inserida no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, incide na necessidade de balanceamento e implementação de melhorias numa linha de produção de um modelo de autocarro em arranque de produção. O principal objetivo prende-se com a redução do tempo de fabrico e consequentemente com o aumento da produtividade dos postos de trabalho, tendo como referência um tempo objetivo de produção.

Atualmente, devido à globalização industrial, a competitividade assume-se como um fator fundamental para qualquer empresa, sendo necessário, para além da qualidade e funcionalidade de um produto, uma constante evolução, de forma a acompanhar o avanço da tecnologia. Para além disso, as especificidades associadas ao lançamento de um novo produto deixam de ser únicas, pois são ultrapassadas com o lançamento de novos produtos concorrentes, sendo uma das consequências da crescente partilha de informação. Como tal, o conjunto de operações associadas à introdução de um novo produto revela-se crítico para uma empresa, sendo absolutamente necessário atingir rapidamente uma produção estável. Além disso, ao introduzir-se um novo produto numa linha de produção partilhada com outras variantes do modelo, todas as mudanças têm que ser bem ponderadas sobre o risco de afetar outras produções, atingindo de maneira global a empresa.

A realização deste trabalho iniciou-se com a observação geral de toda a linha de produção, dedicando-se tempo à sua compreensão. De seguida, fazendo-se determinadas considerações e tendo em conta o tempo reduzido para a realização deste projeto, ficou definido focar o trabalho numa das secções da linha de produção, a secção de estruturas. Assim, incidiu-se na recolha dos tempos produtivos, efetuando-se duas medições à secção de Estruturas. Aquando do tratamento e análise de dados, e tendo em conta o observado, definiram-se as novas macro tarefas que funcionaram como base para a atribuição dos tempos registados. Após a associação dos dados recolhidos às novas macro tarefas, procedeu-se à identificação do número de colaboradores por posto de trabalho e à análise crítica das tarefas, indicando potenciais formas de melhoria. Seguidamente, procedeu-se à realização dos balanceamentos da secção, ficando o balanceamento da restante linha de produção à responsabilidade de outras equipas de trabalho.

Considerando o tempo reduzido para a realização deste trabalho e a dificuldade associada à implementação de algumas das propostas, apenas parte destas foram implementadas durante o decorrer dos trabalhos na empresa. No entanto, todas as medidas propostas têm em consideração a qualidade, a segurança, a organização e a redução do tempo de trabalho. Na totalidade, com a implementação destas medidas é esperado um aumento da produtividade entre 17,3% e 33,7%.

# Improvements in manufacturing and balancing of a production starter product

## Abstract

The following dissertation, within the Master degree of Mechanical Engineering from Faculty of Engineering University of Porto, focus on the need of balancing and implementing improvements in an assembly line of a bus model production starter. The main point is the reduction of manufacturing time and consequently an increase in the stations productivity, by having as reference a production target time.

Nowadays due to the industrial globalization, competitiveness is a key factor for any company, and besides the quality and functionality of a product, is necessary a constant evolution in order to keep up with the technological advancements. Furthermore, the feature associated to a new product (what makes it unique) rapidly ceases, since it is one of the consequences of the increasing information sharing. Therefore, the operations set associated with the release of a new product reveals to be critical for a company and it is absolutely crucial achieve a stable output. In addition, by introducing a new product in a shared production line with other model variants, all the changes have to be cautious since there is a risk of affecting other productions and even the entire company.

This project began with a general observation and understanding of the entire production line. Then, after making some inductions and considering the short amount of time, it was decided to focus only on one of the production line sections. The focus was the collection of production times and it were made two measurements to that section. When the data collected were passed to the computer and observed, some new macro tasks were defined which were used as base to assign the recorded times. The association of the data to the new macro tasks, was followed with the identification of the number of employees per station and the critical analysis of tasks, indicating potential ways to improve. Then, was proceeded the section balancing, leaving the remaining production line to the responsibility of other working teams.

In view of the short time and the difficulty associated with the implementation of some proposals, until the end of the project only part of these have been implemented. However, all the proposals have in consideration quality, security, organization and the reduce of the production time. In total, with the implementation of these measures is expected an increase between 17,3% and 33,7% of the productivity.

## Agradecimentos

Começo por agradecer ao Eng<sup>o</sup> Ivo Sá a oportunidade concedida para integrar a CaetanoBus na realização da dissertação. Além disso, agradeço por toda a autonomia que me concedeu e pelos conhecimentos transmitidos ao longo do projeto.

À Eng<sup>a</sup> Ana Gomes pelos conselhos, disponibilidade e apoio constante ao longo da realização deste projeto.

Ao Professor António Miguel Gomes por toda a sua ajuda e pelo seu contributo para o correto e competente desenrolar do projeto.

Aos elementos do Departamento de Engenharia de Processo e Manutenção e a todos os restantes colaboradores da CaetanoBus, por toda a amabilidade demonstrada e por contribuírem para a rápida integração na organização.

À Joana Maria e Ana Tavares pelas sugestões, por todo o companheirismo e espírito de entreajuda demonstrados ao longo desta etapa.

A todos os meus amigos de faculdade pela boa disposição, compreensão e apoio demonstrados ao longo destes 5 anos. Em especial ao Gonçalo Estevinho, João Telmo, Marco Oliveira, Miguel Carneiro e Miguel Macieira.

Aos meus companheiros Hugo Rocha, Pedro Barreiros, Pedro Ferreira, Ricardo Silva, Rui Biscaia Sérgio Marcos e Tiago Lobão, pela força, motivação e contribuição no alcançar dos meus objetivos, obrigado!

Por último, às três pessoas que diariamente, e com o vosso apoio, tornam todos os grandes obstáculos fáceis de ultrapassar. Não há palavras para descrever o vosso apoio incondicional e todos os sacrifícios que permitiram e permitirão alcançar os meus objetivos, sempre com a certeza do meu sucesso. Obrigado ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã por tudo isso e pelos valores transmitidos durante estes 22 anos. Obrigado por fazerem de mim o que sou hoje!

# Índice de Conteúdos

1	Introdução .....	1
1.1	Enquadramento e motivação .....	1
1.2	Apresentação da organização.....	2
1.3	Objetivos.....	3
1.4	Método seguido no projeto.....	4
1.5	Temas abordados e sua organização .....	5
2	Enquadramento teórico .....	6
2.1	Sistema de Produção Toyota .....	6
2.2	<i>Lean Manufacturing</i> .....	9
2.3	Balanceamento.....	9
2.4	Tempo e medição do trabalho.....	12
2.5	Classificação do tempo recolhido.....	13
2.6	Normalização do trabalho .....	13
2.7	Análise de modo de falha e os seus efeitos.....	14
3	Apresentação do processo produtivo.....	15
3.1	Processo de fabrico.....	15
3.2	Descrição do produto em arranque de produção.....	16
3.3	Identificação e divisão da linha de produção .....	16
3.4	Plano de produção, roteiro e abastecimento da linha.....	17
3.5	Meios auxiliares de produção.....	18
3.6	Processo produtivo por secção .....	19
4	Introdução de um novo modelo.....	23
4.1	Tempos registados e tarefas registadas .....	23
4.2	Abordagem inicial .....	25
4.3	Definição de macro tarefas .....	26
4.4	Associação dos dados recolhidos às tarefas e caracterização do procedimento observado.....	28
4.5	Oportunidades de melhoria .....	34
5	Apresentação de propostas e soluções .....	37
5.1	Balanceamentos da secção de estruturas .....	37
5.2	Propostas de melhoria .....	41
5.3	Considerações finais .....	43
6	Conclusões e trabalhos futuros.....	44
6.1	Conclusões.....	44
6.2	Trabalhos futuros .....	45
	Referências .....	46
	Anexo A: Folha de cronometragem usada na recolha dos dados .....	47
	Anexo B: Situação inicial dos diferentes postos segundo os dados recolhidos na 2ª medição.....	48
	Anexo C: Macro tarefas atribuídas aos diferentes postos aquando da realização dos balanceamentos .....	53
	Anexo D: Balanceamento dos postos de trabalho (6 autocarros por semana) .....	55
	Anexo E: Balanceamento dos postos de trabalho (7 autocarros por semana) .....	65
	Anexo F: Folha de tarefas (colaborador 7 do posto 3, idêntico em ambos os balanceamentos).....	75

## Índice de Figuras

Figura 1 – Cobus 3002 (adaptado de <a href="http://www.caetanobus.pt">http://www.caetanobus.pt</a> ).....	3
Figura 2 – Levante ( adaptado de <a href="http://www.caetanobus.pt">http://www.caetanobus.pt</a> ) .....	3
Figura 3 – Cultura da empresa (fotografia retirada nas instalações da empresa).....	3
Figura 4 – Exemplo de <i>Poka Yoke</i> .....	7
Figura 5 – Exemplo de um diagrama de precedências .....	10
Figura 6 – Exemplo de <i>Yamazumi</i> (adaptado de <a href="http://www.leanop.com">http://www.leanop.com</a> ) .....	11
Figura 7 – Exemplo de um diagrama de <i>Gantt</i> .....	12
Figura 8 – Esquema da sequência seguida para a produção de uma unidade Cobus .....	15
Figura 9 – <i>Layout</i> da produção com identificação da linha afeta ao modelo Cobus .....	17
Figura 10 – Bordo de linha .....	18
Figura 11 – Lista de meios auxiliares de produção Cobus 3002 .....	18
Figura 12 – Estrado de aço central já aplicado no chassi .....	19
Figura 13 – <i>Chassi</i> após a entrada no posto 1 .....	20
Figura 14 – Cobus 3002 à saída da secção das estruturas (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus).....	20
Figura 15 – Cobus 3002 à entrada da secção dos acabamentos (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus).....	21
Figura 16 – Cobus 3002 pronto para entrega (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus) ...	22
Figura 17 – Contribuição temporal das várias secções para o desenvolvimento de um Cobus 3002 .	24
Figura 18 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos estrados.....	31
Figura 19 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos painéis .....	31
Figura 20 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem do tejadilho .....	32
Figura 21 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 1 .....	32
Figura 22 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 2 .....	32
Figura 23 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 3 .....	33
Figura 24 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 4 .....	33
Figura 25 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 5 .....	34
Figura 26 – Vidro para-brisas, quebrado, utilizado como meio auxiliar de produção para o posicionamento da fibra .....	35
Figura 27 – Estrutura base do tejadilho .....	35
Figura 28 – Tabuleiro das sancas interiores já aplicado.....	36
Figura 29 – Cortes realizados nos painéis para colocação da traseira .....	36
Figura 30 – Meio auxiliar de produção do para-brisas para correto posicionamento da fibra.....	41
Figura 31 – Posicionamento dos rebites para fixação dos perfis de alumínio.....	42
Figura 32 – Meio auxiliar de produção para o correto posicionamento dos tabuleiros das sancas .....	43

## Índice de Tabelas

Tabela 1 – Tempos recolhidos nas duas medições agregados por posto de trabalho .....	24
Tabela 2 – Macro tarefas montagens paralelas .....	26
Tabela 3 – Macro tarefas posto 1 .....	26
Tabela 4 – Macro tarefas posto 2 .....	26
Tabela 5 – Macro tarefas posto 3 .....	27
Tabela 6 – Macro tarefas posto 4 .....	27
Tabela 7 – Macro tarefas posto 5 .....	27
Tabela 8 – Comparação dos dados recolhidos nas montagens paralelas e determinação dos valores a utilizar .....	28
Tabela 9 – Comparação dos dados recolhidos no posto 1 e determinação dos valores a utilizar .....	29
Tabela 10 – Comparação dos dados recolhidos no posto 2 e determinação dos valores a utilizar .....	29
Tabela 11 – Comparação dos dados recolhidos no posto 3 e determinação dos valores a utilizar .....	29
Tabela 12 – Comparação dos dados recolhidos no posto 4 e determinação dos valores a utilizar .....	30
Tabela 13 – Comparação dos dados recolhidos no posto 5 e determinação dos valores a utilizar .....	30
Tabela 14 – Número mínimo de colaboradores por posto de trabalho .....	39
Tabela 15 – Representação dos resultados do balanceamento e dos ganhos obtidos .....	40
Tabela 16 – Macro tarefas a realizar nas montagens paralelas .....	53
Tabela 17 – Macro tarefas a realizar no posto 1 .....	53
Tabela 18 – Macro tarefas a realizar no posto 2 .....	53
Tabela 19 – Macro tarefas a realizar no posto 3 .....	53
Tabela 20 – Macro tarefas a realizar no posto 4 .....	54
Tabela 21 – Macro tarefas a realizar no posto 5 .....	54
Tabela 22 – Macro tarefas a realizar pelos mecânicos .....	54



## 1 Introdução

Neste primeiro capítulo é realizada uma introdução ao problema a tratar ao longo deste trabalho, fazendo-se um enquadramento ao caso de estudo. O caso de estudo a analisar diz respeito à melhoria do funcionamento da produção de um autocarro em arranque de produção, traduzindo-se essa melhoria numa redução do tempo de fabrico, permitindo cumprir com um determinado tempo objetivo.

O capítulo inicia com uma contextualização ao problema genérico a tratar. É feito um enquadramento à realização deste trabalho explicando-se o motivo da sua execução. Seguidamente, apresenta-se a organização onde se desenrolou todo o trabalho, dando-se a conhecer, de uma maneira geral, o percurso da empresa até à atualidade. Ainda neste capítulo, são mencionados os objetivos propostos a atingir e o método seguido para os alcançar. Por último, é feita referência à forma como o presente trabalho se encontra organizado.

### 1.1 Enquadramento e motivação

O projeto desenvolvido, de seu título “Melhorias no fabrico e balanceamento de um produto em arranque de produção”, enquadra-se na realização de uma dissertação em ambiente empresarial no âmbito do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, tendo como principal objetivo o aumento da eficiência da linha de produção, a redução do tempo necessário para a obtenção do produto final e, consequentemente, a redução do custo associado à produção. Por outro lado, o desenvolvimento deste trabalho pretendeu visar a integração e aplicação de conhecimentos e competências, adquiridas ao longo de todo o percurso académico, num cenário de produção industrial. Desta maneira, promoveu-se capacidades de decisão, de trabalho e de iniciativa, permitindo um contato direto com o mundo laboral.

A realização do projeto decorreu no Departamento de Engenharia de Processo e Manutenção (PEM) da empresa CaetanoBus, Fabricação de Carroçarias, SA pertencente ao Grupo Salvador Caetano. À responsabilidade do departamento integrado estão as necessidades associadas à linha de produção, assim como a manutenção tanto de equipamentos como de estruturas.

Considerando a contínua evolução dos mercados e das sociedades atuais, as exigências por parte dos consumidores tendem, também elas, a acompanhar esse processo de desenvolvimento. Associando essa evolução à interação global dos mercados (globalização), é necessária uma diferenciação das empresas concorrentes e, sobretudo, adotar uma estratégia que permita a evolução contínua e variedade dos produtos e serviços a oferecer. Como forma de manter o seu principal produto mais atual, e consciente do acima referido, a CaetanoBus atualizou o seu autocarro de aeroporto, Cobus, lançando assim um novo produto.

Segundo Hendricks e Singhal (1997) o conjunto das operações associadas à introdução de um novo produto revela-se crítico para as empresas, de tal modo que, atrasos na introdução dos novos produtos potenciam, em média, uma desvalorização de 5,25% da empresa. De acordo com Clark e Fujimoto (1991) o lançamento de novos produtos pode ser crítico, não só para o

produto em questão, mas também estender-se aos já existentes, afetando as tarefas desempenhadas na fábrica. Com a introdução de novos produtos numa fábrica já em funcionamento, as habituais tarefas desempenhadas podem ser afetadas de forma crítica, obrigando a mudanças de engenharia, reprogramação e redistribuição de equipamentos e alteração na sequência das tarefas, culminando em perdas de produtividade. Segundo Gopal et al. (2013) estima-se que, em média, na indústria automóvel, aquando do lançamento de um novo produto, as perdas de produtividade numa fábrica atingem os 15%.

Desta forma, com a realização deste trabalho visa-se identificar e implementar melhorias que permitam a redução do tempo de fabrico diminuindo o custo associado à produção e, por outro lado, pretende-se aumentar os níveis de produtividade atuais.

## 1.2 Apresentação da organização

Em 1946, Salvador Caetano, o seu irmão Alfredo, e um amigo, Joaquim Domingos Martins, criaram a “Martins, Caetano & Irmão”, iniciando assim a sua atividade com o fabrico de carroçarias para autocarros.

Até o ano de 1952 e perante o condicionamento industrial que se vivia em Portugal, a empresa acabaria por perder dois dos seus associados (primeiro o irmão de Salvador Caetano e mais tarde Joaquim Martins), ficando Salvador Caetano o principal responsável pelo projeto (origem do atual grupo Salvador Caetano) iniciado em 1946.

Em 1966, Salvador Caetano importou do Reino Unido, para a sua empresa, a produção de carroçarias totalmente em aço. Esta nova técnica veio substituir a produção de carroçarias em madeira e a sua implementação levou à construção das instalações de Oliveira do Douro, “Salvador Caetano Indústrias Metalúrgicas e Veículos de Transporte (IMVT) (Sousa 2012). Dois anos mais tarde, a empresa consegue, em regime de exclusividade, a distribuição dos produtos Toyota em Portugal.

Em 1971 foi inaugurada uma nova unidade fabril em Ovar e um ano mais tarde, em 1972, foi constituída a rede de concessionários da Toyota em Portugal (Caetano 2016). Já em 1998, a Salvador Caetano deu início à comercialização da marca de segmento superior da Toyota, designada por Lexus. Atualmente, o grupo detém a representação das mais variadas marcas de automóveis como Audi, BMW, Mercedes-Benz, Hyundai, Skoda, Smart entre outras.

A CaetanoBus, empresa do grupo apresentado, iniciou a sua atividade em 2002, fruto da inovadora fábrica de carroçarias para autocarros fundada em Portugal em 1946 e de uma parceria com a Daimler-Chrysler, empresa germano-americana, respetivamente. Esta parceria extinguiu-se em Janeiro de 2010 tendo o Grupo Salvador Caetano adquirido a totalidade das ações de origem alemã, representando estas cerca de 26% do capital social da empresa (CaetanoBus 2016).

Atualmente, a CaetanoBus produz diferentes tipos de carroçarias de autocarros usando chassis originários de várias marcas, nomeadamente Mercedes, Volvo, Scania, Man, entre outras. É ainda de destacar que cada um dos vários *chassis* se destinam a diferentes tipos de serviços, como turismo, transporte interurbano e serviço de aeroporto, podendo, no entanto, cada um dos autocarros ser customizado às necessidades de cada cliente. Presentemente, os modelos de maior destaque são o Cobus (modelo destinado ao serviço de aeroporto, Figura 1) e o Levante (turismo, Figura 2).



Figura 1 – Cobus 3002 (adaptado de <http://www.caetanobus.pt>)



Figura 2 – Levante ( adaptado de <http://www.caetanobus.pt> )

A CaetanoBus tem como missão “Produzir carroçarias e autocarros que satisfaçam os nossos clientes e utilizadores, melhorando continuamente os nossos produtos e serviços através da gestão eficaz dos processos e da utilização eficiente dos recursos” (CaetanoBus 2016). É ainda importante salientar os valores que constituem a base de toda a organização (tal como se comprova pelo painel existente nas instalações da empresa, Figura 3), assentando estes no Respeito, na Tolerância, no Rigor, na Cooperação, na Inovação, na Tradição e na Qualidade, sempre orientados para o consumidor (CaetanoBus 2016).



Figura 3 – Cultura da empresa (fotografia retirada nas instalações da empresa)

### 1.3 Objetivos

A CaetanoBus irá substituir o seu modelo mais popular, Cobus, por uma versão mais recente, 3002. Esta nova versão mantém a identidade da linha de produto anterior, líder de mercado a nível mundial. No entanto, apresenta um novo *design* exterior, área de motorista mais ergonómica e confortável, e uma especificação interior que proporciona ainda maior comodidade e bem-estar aos passageiros.

Tratando-se de um modelo em arranque de produção a informação e dados existentes relativamente ao novo método de produção é ainda muito reduzida. Apesar da maior parte das tarefas se manterem, pequenas alterações existentes face ao modelo anterior traduziram-se em mudanças significativas na abordagem dos colaboradores ao produto.

Sendo o Cobus o modelo mais requisitado da organização era de extrema importância perceber quais os ganhos comparativamente ao modelo anterior. Face ao mencionado anteriormente propôs-se atingir os seguintes objetivos:

- Redução do tempo de produção;
- Balanceamento da produção na secção das estruturas;
- Determinação de possíveis melhorias e sua implementação;
- Definição de folhas de tarefa por colaborador.

Com o intuito de aumentar a produção da linha na qual foi realizado o projeto, foi proposto a realização de dois balanceamentos, passando numa primeira fase de 5 autocarros por semana para 6 e, futuramente, para 7. Associado à realização destes balanceamentos, veio também a necessidade de descriminar com maior precisão as macro tarefas realizadas, e, numa segunda fase, as micro tarefas, através da realização das folhas de tarefas para cada um dos diferentes colaboradores.

#### **1.4 Método seguido no projeto**

Num primeiro momento, é necessário a realização de uma visita às instalações da empresa ficando-se com uma ideia geral das várias secções existentes e qual o objetivo de cada uma delas. Durante estas primeiras visitas é também interessante perceber o funcionamento das várias linhas de produção existentes e quais os modelos fabricados na fábrica. Ao projeto em questão, como já mencionado anteriormente, o modelo Cobus 3002 assume uma maior importância, pelo que se dedicará maior atenção à linha dedicada a este produto.

Numa segunda fase, será necessário dedicar-se tempo à leitura de vários procedimentos de trabalho do departamento ficando-se com uma visão mais ampla da organização.

É de extrema importância contabilizar os novos tempos de produção. Para tal, é necessário cronometrar as tarefas alocadas a cada um dos diferentes colaboradores e, ao mesmo tempo, determinar as precedências associadas a cada uma das diferentes tarefas. No entanto, devido às grandes dificuldades na secção de estruturas, a cronometragem, assim como o balanceamento, incidirá nessa secção. Por outro lado, tendo também em consideração o tempo reduzido para a realização deste trabalho, o balanceamento das restantes secções ficará à responsabilidade de outras equipas.

Após a recolha dos tempos de produção será necessária uma posterior análise. Nessa fase, os tempos recolhidos demonstrarão qual o tempo efetivo de trabalho e, por outro lado, o desperdício possível de se eliminar. Ainda nesse momento, serão propostas melhorias no apoio à produção, determinadas aquando da recolha dos dados.

Após o estudo realizado à produção do novo modelo, pretender-se-á alocar os colaboradores às tarefas que estes irão realizar. Deste modo, serão elaboradas folhas de tarefas para cada um dos colaboradores.

## **1.5 Temas abordados e sua organização**

Relativamente à organização, a presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos distintos.

O primeiro capítulo faz referência ao enquadramento e às razões que levaram ao desenvolvimento do projeto, apresentando, de maneira geral, a empresa e o grupo na qual se encontra inserida. Neste capítulo são ainda salientados os objetivos a atingir com a realização do presente trabalho.

Seguidamente, no segundo capítulo, são apresentados os fundamentos teóricos que serviram de pilar aos temas abordados na realização desta dissertação. Com a informação presente neste capítulo foi possível explorar e estruturar o problema, permitindo um paralelismo entre os conhecimentos adquiridos durante o percurso académico e o trabalho a realizar.

No terceiro capítulo é feita uma descrição detalhada sobre o funcionamento da linha de produção no qual se insere o autocarro a estudar. É apresentado o novo modelo a ser introduzido na linha de produção, sendo descritas as etapas seguidas desde o início da sua produção até à sua finalização. É ainda feita referência ao funcionamento da alocação dos recursos necessários ao desenrolar da produção.

A introdução do novo modelo de autocarro na linha de produção assim como os vários problemas identificados são descritos no quarto capítulo. Com base na descrição da situação inicial e tendo em consideração a metodologia a utilizar na elaboração deste trabalho, realizou-se um levantamento do problema para permitir uma futura comparação e determinar se os objetivos foram atingidos.

No quinto capítulo são apresentadas propostas e soluções de melhoria, como forma de minimizar e solucionar os diferentes problemas identificados no capítulo anterior. São ainda expostos os resultados esperados para cada uma das diferentes propostas e feita uma comparação com os objetivos propostos a atingir.

Por fim, no último capítulo, é realizada uma síntese da elaboração do trabalho, sendo expostas as conclusões obtidas durante o período da sua execução bem como perspetivas para o desenvolvimento de trabalho futuros.

## 2 Enquadramento teórico

No presente capítulo serão introduzidos os conceitos teóricos que serviram de base ao desenvolvimento do trabalho realizado. No entanto, os temas abordados neste capítulo servem apenas como uma referência à literatura utilizada para o desenvolvimento do mesmo. Por outro lado, parte dos assuntos expostos neste capítulo não estão ligados diretamente ao trabalho desenvolvido, mas sim relacionados com a mentalidade da empresa, o que indiretamente se traduz na abordagem utilizada.

### 2.1 Sistema de Produção Toyota

O padrão de produção usado pelos construtores era baseado no sistema de produção *Ford*. Com a introdução do Sistema de Produção Toyota, ou *Toyota Production System* (TPS), idealizado por *Taichii Ohno*, os paradigmas baseados no sistema de produção Ford foram quebrados. Se, por um lado, o sistema de produção Ford privilegiava *stocks* de grandes dimensões e grandes lotes de produção, devido aos elevados custos associados à mudança de produto (Womack, Jones, e Roos 1990), por outro, o TPS centra-se na redução de desperdício e no respeito pelas pessoas, focando-se na melhoria contínua da qualidade e na produtividade da organização (Liker e Choi 2004).

#### ***Just-In-Time* (JIT)**

O sistema de produção *Just-In-Time* é um método no qual o tempo de espera é significativamente reduzido, de maneira a apenas produzir o requerido, no momento necessário. Como consequência, os níveis de *stocks* são reduzidos ao mínimo, permitindo uma redução considerável dos custos de armazenamento. Desta maneira, excedentes de equipamentos, assim como de trabalhadores, poderão ser mais facilmente detetados, potenciando uma redução nos custos (Sugimori et al. 1977).

No entanto, para o sucesso da implementação de um sistema *Just-In-Time*, torna-se imperativo um relacionamento mais próximo com os fornecedores, culminando num aumento da disponibilidade destes para abastecer a organização com lotes mais reduzidos, à frequência desejada.

Assim, o JIT pode ser definido como a gestão de operações focada na redução do desperdício de uma organização (Chase, Jacobs, e Aquilano 2006).

#### ***Kaizen***

A palavra *kaizen* deriva das palavras japonesas, “*kai*” + “*zen*”, significando “mudança” e “para melhor”, respetivamente. A palavra *kaizen* pode ainda ser identificada como melhoria continua, um dos valores centrais do Sistema Toyota, sendo necessário a definição clara dos objetivos a alcançar.

Esta filosofia segue uma metodologia de redução do desperdício, sendo a melhoria continua um compromisso diário aplicado a todos os locais e para todos os colaboradores de uma organização (Coimbra 2013).

Na CaetanoBus, aquando do arranque de produção de uma nova série de um determinado modelo de autocarro, é seleccionada uma unidade que é seguida desde o início até à finalização da sua produção. Esse acompanhamento traduz-se em reuniões diárias sendo discutidas todas as dificuldades encontradas na produção. Atualmente, essa reunião classifica-se como reunião de acompanhamento, no entanto, anteriormente, esta era denominada por *kaizen diário*.

### ***Poka Yoke***

*Poka Yoke* é uma palavra japonesa podendo ser traduzida como “à prova de erro” (na Figura 4 é visível um exemplo de *poka yoke* impedindo a incorreta montagem). Este tipo de dispositivos deteta e evita erros na produção, devendo ser alocados a zonas críticas do processo produtivo. Estes podem assumir várias formas, podendo ser mecânicos, elétricos, entre outros, no entanto, a principal função é a garantia de zero defeitos (Coimbra 2013).

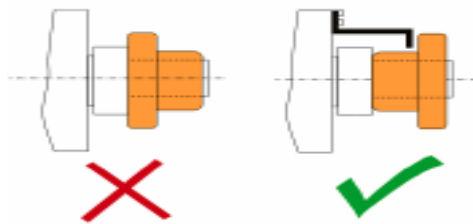


Figura 4 – Exemplo de *Poka Yoke*

Na CaetanoBus dispositivos poke yoke são classificados como meios auxiliares de produção (MAP's), que auxiliam na produção permitindo detetar e evitar erros.

### ***Muda***

*Muda* é uma palavra japonesa que representa desperdício, sendo este termo associado a qualquer atividade que não acrescente valor. Segundo Fujio Cho, antigo presidente da Toyota, o desperdício é tudo aquilo para além do mínimo necessário, ou seja, tudo o que não seja equipamentos, materiais, peças e trabalhadores fundamentais à produção (Jacobs e Chase 2013).

Segundo Chase, Jacobs, e Aquilano (2006) os desperdícios podem ser classificados em 7 categorias:

1. **Excesso de Produção** – Representa a quantidade de produto produzido para além da procura efetiva do mercado. Este excesso irá traduzir-se numa quantidade de inventário excessivo, o que, consequentemente, aumentará a quantidade de espaço ocupado e, por sua vez, o custo de posse. Por outro lado, existirão tempos de mão-de-obra e de equipamentos desperdiçados.
2. **Tempo de Espera** – Tipo de desperdício relacionado com o tempo que a máquina, operador ou cliente se encontram parados ou em espera. Resulta de uma má gestão do tempo ou controlo de materiais, podendo estar, por exemplo, associado a um mau balanceamento.

3. **Processos Inadequados** – Utilização de processos não previstos para a realização do produto. Este tipo de desperdício pode estar associado a um deficiente fornecimento das matérias-primas necessárias ao processo, ou à realização de tarefas, por parte dos colaboradores, que não acrescentam valor ao produto final pretendido.
4. **Transporte** – Associado à movimentação dos produtos aquando da sua armazenagem ou durante o processo produtivo. O movimento dos materiais ou produtos finais não acrescenta valor, sendo de sublinhar a possibilidade destes serem danificados durante as movimentações realizadas.
5. **Inventário** – Decorrente do primeiro desperdício apresentado, este conceito refere-se não só à matéria-prima, mas também ao em curso de fabrico e ao produto acabado. Se não controlado, conduz à utilização de recursos e capital que, de outra forma, teriam uma utilização mais eficiente.
6. **Movimentos Desnecessários** – Tipo de desperdício decorrente do excesso de movimentos por parte dos colaboradores. Resulta da inexistência de normalização de tarefas, ou de um *layout* que não será o mais adequado ao processo realizado.
7. **Defeitos de Não Qualidade** – Este tipo de desperdício resulta essencialmente da produção de produtos defeituosos que, devido às suas inconformidades, necessitam de trabalhos adicionais, causando uma grande entropia no processo produtivo. Estes defeitos originam grandes perdas monetárias e, conseqüentemente, obrigam a uma perda de tempo desnecessária na reposição da qualidade. Assim, recorrendo a dispositivos tipo *poka yoke* esta forma de desperdício pode ser significativamente reduzida.

## Metodologia 5S

A metodologia 5S, proveniente do TPS, é uma forma de gestão de qualidade de uma organização desenvolvida no Japão, estando este método relacionado com a filosofia lean e com a gestão visual. Para tal, envolve um conjunto de tarefas permitindo consciencializar e motivar toda a estrutura a obter organização, eficiência e segurança no local de trabalho, reduzindo o desperdício.

Este método deve o seu nome, 5S, a 5 palavras japonesas que iniciam exatamente por “S” (Osada 1991):

- *Seiri* – Classificar e selecionar o necessário eliminando o desnecessário;
- *Seiton* – Atribuição e manutenção de um local próprio para tudo;
- *Seiso* – Limpeza e manutenção do local de trabalho;
- *Seiketsu* – Normalização e manutenção da área de trabalho;
- *Shitzuke* – Manutenção das normas e melhoria continua através da disciplina, inserindo-se esta metodologia como uma forma de vida.

Esta metodologia encontra-se implementada na CaetanoBus, sendo realizadas auditorias frequentemente a cada um dos postos de trabalho. Nestas, para além de se avaliar diversos pontos não relacionados diretamente com os 5S, são também analisados critérios como a limpeza, o *layout* do posto, se os equipamentos e ferramentas do posto estão identificados e armazenados no local definido e ao alcance dos colaboradores, se as instruções de trabalho estão a ser seguidas e a alocação correta dos materiais.



## 2.2 Lean Manufacturing

O *lean Manufacturing* é uma filosofia de gestão que se baseia em 5 princípios, sendo estes a especificação de valor, o mapeamento do fluxo de produção, otimização do fluxo de produção, sistema de produção Pull e a procura de melhoria contínua (Shingo e Dillon 1989).

Segundo Pinto (2009) a primeira etapa do *lean manufacturing* é a mais crítica. Esta diz respeito a uma correta e objetiva definição de valor para a organização. Na fase de desenvolvimento de um produto, todas as necessidades e desejos dos clientes devem estar bem definidos. Desta maneira, o risco de criar um produto em não conformidade com o que os clientes pretendem é eliminado, traduzindo-se em produtos apenas com as características necessárias. Assim, focando-se na satisfação do cliente, obtêm-se produtos finais com a qualidade necessária a um preço mais reduzido.

Como segunda etapa temos o mapeamento do fluxo de valor, ou seja, a identificação da cadeia de valor. Aqui é importante uma visão objetiva sobre todos os intervenientes do processo, bem como dos requisitos pelo cliente definidos. Desta forma, identifica-se todas as etapas do processo produtivo que não acrescentam valor, eliminando-as posteriormente.

A etapa seguinte, otimização do fluxo de produção, está relacionada com a necessidade de se sincronizar os meios necessários para a criação do produto, tornando contínuo o fluxo de materiais e permitindo uma resposta rápida aos pedidos.

A quarta etapa, *Pull*, baseia-se num sistema de produção *Pull*. Neste tipo de sistema a produção de um determinado produto apenas é iniciada quando entrar um pedido por parte do cliente. Desta forma, eliminam-se os desperdícios resultantes de uma produção excessiva.

Por último temos a contínua procura pela perfeição (melhoria contínua). Devido à constante evolução do mercado, e consequentemente dos clientes, torna-se imperativo apostar numa política de melhoria contínua, melhorando os processos internos da organização. A esta etapa vem associada uma mudança de mentalidade de toda a organização, tornando-se numa filosofia de vida para todos os colaboradores.

## 2.3 Balanceamento

O termo balanceamento, quando usado numa linha de produção, consiste em atribuir um conjunto de tarefas a um determinado número de postos de trabalho, e consequentemente, aos vários colaboradores, de maneira a equilibrar as cargas de trabalho. Os seus principais objetivos prendem-se com o já referido equilíbrio das cargas de trabalho entre os postos e os colaboradores, o aumento significativo da produtividade e, por conseguinte, a redução dos custos associados à produção.

De acordo com Assis (2010), para uma linha constituída por várias operações existem duas formas distintas para a realização de um balanceamento:

- Para um determinado tempo de ciclo determinar o número mínimo de postos de trabalho;
- Para um determinado número de postos de trabalho determinar o tempo de ciclo mínimo possível.

O balanceamento de uma linha de produção revela-se fundamental na implementação de um sistema de produção do tipo *pull*, definindo-se qual o tempo de ciclo interno associado aos vários processos. De maneira a garantir as entregas aos clientes, uma taxa de consumo do mercado deve ser definida. Para tal, a linha de produção deverá ser sincronizada com as necessidades do mercado, surgindo desta forma o conceito de *takt-time* (Carravilla 1998).

Segundo Roldão e Ribeiro (2007) as etapas adequadas para a abordagem de um problema de balanceamento são as seguintes:

1. Sequência de tarefas
2. *Takt-time*
3. Número mínimo de postos
4. Tempo de ciclo
5. Eficiência da linha

### Sequência de tarefas

Um ponto fundamental da realização de um balanceamento tem que ver com a ordem pela qual as tarefas são realizadas. Como ponto de partida, devem ser conhecidos os tempos necessários para as várias operações e estudadas as precedências existentes.

Na Figura 5 é possível observar um exemplo de um diagrama de precedências retirado de Assis (2010).

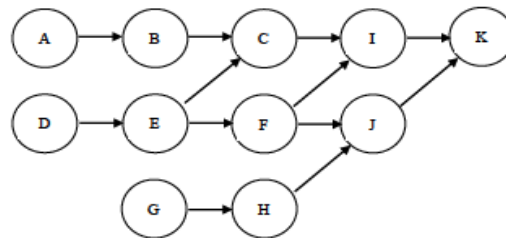


Figura 5 – Exemplo de um diagrama de precedências

### *Takt-time*

Entende-se por *takt-time* (*takt*) o tempo que determina o ritmo à qual a produção é realizada. Este tempo está associado às necessidades dos clientes e pode ser determinado pela seguinte equação:

$$T = \frac{T_d}{P} \quad (2.1)$$

sendo  $T$  o *takt-time* e  $T_d$  o tempo de produção disponível para corresponder com  $P$ , a procura.

### Tempo de ciclo

O tempo de ciclo ( $T_c$ ) caracteriza-se como o tempo correspondente entre a produção de duas unidades sucessivas à saída de uma linha de produção. Por outras palavras, o tempo de ciclo é o tempo decorrente entre o início e o fim de uma tarefa, podendo ser dividido em tempo de ciclo real ou ideal conforme se considere ou não os desperdícios.

### Posto de trabalho

Um posto de trabalho pode ser definido apenas por um ou vários colaboradores, executando estas tarefas que podem ser realizadas manualmente ou com apoio de vários equipamentos ou ferramentas.

### Eficiência do balanceamento da linha

Este indicador, eficiência ( $\varepsilon$ ), permite determinar o desempenho de cada posto de trabalho. Ainda segundo Assis (2010) a eficiência pode ser calculada da seguinte maneira:

$$\varepsilon = \frac{1}{N \cdot T_c} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.2)$$

sendo  $N$  o número de postos de trabalho e  $t_i$  o tempo médio correspondente à operação  $i$ .

### Número mínimo de postos de trabalho

Segundo Assis (2010) o número mínimo de postos de trabalho é dado pela seguinte equação:

$$N_{min} = \frac{1}{T_c} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \quad (2.3)$$

### Yamazumi

Os gráficos *Yamazumi*, são gráficos de barras empilhadas que permitem apresentar visualmente a distribuição da carga de trabalho pelos vários postos ou colaboradores. A utilização desta ferramenta nos balanceamentos foi desenvolvida pela Toyota, permitindo a rápida identificação das tarefas de valor não acrescentado e equilibrar a carga de trabalho. Na Figura 6 está apresentado um exemplo de um gráfico *yamazumi* em que a linha amarela representa o limite do tempo trabalho.

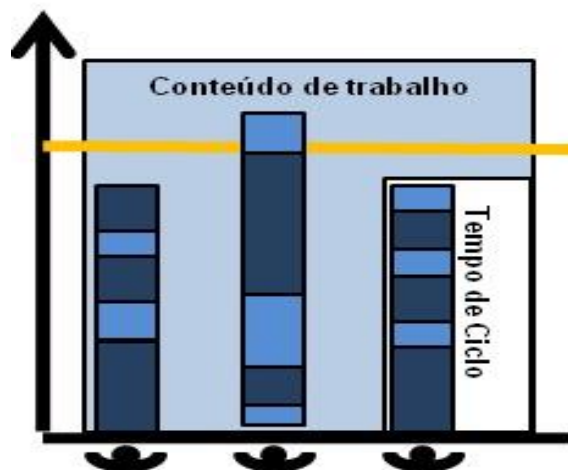


Figura 6 – Exemplo de *Yamazumi* (adaptado de <http://www.leanop.com> )

### Diagrama de Gantt

Os diagramas de *Gantt* (Figura 7) apresentam-se como gráficos de barras, sendo uma unidade de tempo representada sob a forma de uma coluna e cada linha composta pelas tarefas a realizar. Em primeiro lugar, representam-se as tarefas que não têm precedências e, seguidamente, as tarefas que têm como precedência aquelas que já foram representadas.

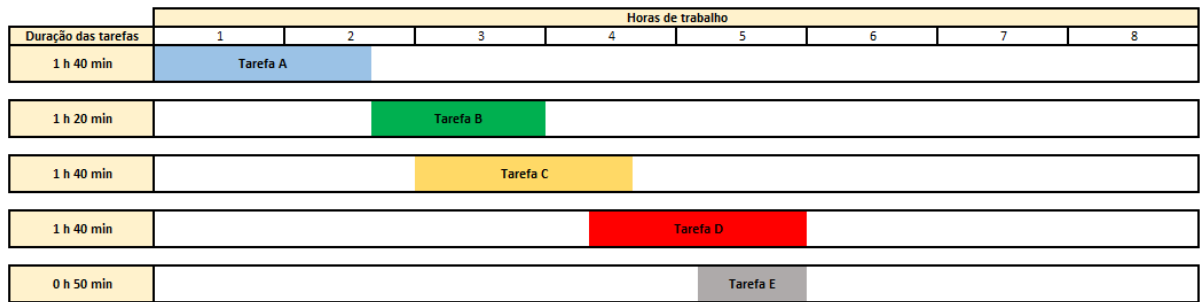


Figura 7 – Exemplo de um diagrama de *Gantt*

## 2.4 Tempo e medição do trabalho

O estudo da medição do tempo de trabalho, segundo Chase, Jacobs, e Aquilano (2006), foi iniciado por Frederic W. Taylor no início do século XX. O taylorismo, modelo desenvolvido pelo mesmo, pretende o aumento da produtividade através da implementação e manutenção da normalização dos seguintes princípios:

- Programação da produção e alocação de capacidades;
- Estabelecimento de um objetivo que motive os colaboradores e teste a sua performance;
- Estabelecimento de referências para melhorias futuras.

Dois métodos podem ser utilizados no estudo da medição do tempo, o direto e o indireto. No primeiro a metodologia seguida rege-se pela observação e cronometragem no local onde se realizam as tarefas. Por outro lado, o método indireto, implica a gravação das tarefas e uma posterior análise das mesmas, sendo mais preciso que o primeiro.

De maneira a realizar o estudo de uma operação, esta deve ser decomposta em várias tarefas, mensuráveis, reduzindo consideravelmente a sua complexidade. Para tal, deve-se ter em consideração o seguinte:

- Cada operação deve ter uma duração possível de se mensurar;
- Contabilizar todos os tempos de operação e não-operação;
- As ações dos colaboradores e dos equipamentos devem ser distinguidas como elementos distintos.

No contexto ideal, várias medições devem ser realizadas às diferentes tarefas, permitindo determinar uma duração média para a realização destas. Por outro lado, quando tal não é possível, deve-se ter em consideração que diferentes colaboradores apresentam diferentes ritmos de trabalho, tornando-se imperativo a introdução de um coeficiente de desempenho, permitindo a normalização do trabalho.

A equação (2.4) apresenta o Tempo normalizado ( $T_n$ ), em que o índice de desempenho, dependendo do ritmo de trabalho ser rápido ou lento, assume um valor acima ou abaixo da unidade, respetivamente.

$$T_n = \frac{\text{Tempo observado a realizar a tarefa}}{\text{Número de unidades produzidas}} \cdot \text{Índice de desempenho} \quad (2.4)$$

## 2.5 Classificação do tempo recolhido

Decompor as tarefas em atividades que se traduzem ou não em valor, torna o processo de interpretação dos dados numa tarefa mais intuitiva.

Assim, segundo o manual PRONACI (2003) os tempos registados são classificados segundo as seguintes categorias:

- Operação – Tarefas de valor acrescentado, sendo realizadas alterações físicas, químicas ou mecânicas a um produto;
- Preparação – Tarefas destinadas à preparação de materiais, de ferramentas e do posto para a realização das operações;
- Transporte – Mudança de localização de um material ou produto;
- Inspeção – Tarefas associadas à examinação do trabalho, verificando a correta execução do mesmo segundo um padrão de qualidade e funcionalidade. Engloba ainda a verificação de materiais em quantidade e qualidade;
- Armazenagem – Tarefas associadas à armazenagem, num determinado local, de uma ferramenta/ material;
- Diversos – Esta categoria compreende todas as tarefas que, para além de não acrescentarem valor, não se encontram associadas às anteriores categorias. Podem assim ser classificadas como Diversos as seguintes operações:
  - Paragens: Paragem do colaborador (Exemplo: falar, ausência e necessidades pessoais);
  - Espera: Quando a execução de uma operação prevista não é efetuada (Exemplo: secagem de cola e falta de material);
  - Retrabalho: Operações para recuperação de falhas e não conformidades;
  - Rejeições/defeitos/falhas e não conformidades: Problemas de qualidade devido a defeitos e falhas de não conformidade.

## 2.6 Normalização do trabalho

A normalização do trabalho é uma metodologia que minimiza os movimentos, funcionando como uma ferramenta de melhoria que pode ser aplicada a cada um dos colaboradores em diferentes situações (Coimbra 2013).

De acordo com Ohno (1988) para a implementação de uma filosofia *Kaizen* é necessária a existência de trabalho normalizado, de outra forma tal não é possível.

O trabalho normalizado procura dar resposta aos 5 W (do inglês *who, what, when, where e why*) e à forma como é executado (do inglês *how*). Por outro lado, segundo Takeda (2006) a padronização do trabalho permite a sincronização dos movimentos dos colaboradores, contribuindo para a melhoria dos processos de trabalho.

## 2.7 Análise de modo de falha e os seus efeitos

A análise de modo de falha advém do inglês *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), sendo uma ferramenta de engenharia para a melhoria contínua da qualidade de um produto e dos serviços de uma empresa (Bahrami, Bazzaz, e Sajjadi 2012). Esta ferramenta tem como uma das principais características a antevisão das falhas, permitindo evitar os custos que advêm da resolução de problemas causados por estas. Pode ser usada na identificação de possíveis erros do produto ou do processo, assim como na determinação das atividades que podem reduzir a ocorrência de potenciais falhas. Desta forma, é possível determinar atempadamente falhas que podem estar associadas a prejuízos consideráveis para a organização (Bahrami, Bazzaz, e Sajjadi 2012).

A análise FMEA tem em consideração três parâmetros chave, sendo eles a gravidade da falha (S), a probabilidade da sua ocorrência (O) e por fim a capacidade da sua deteção antes da sua ocorrência (D). Cada um destes parâmetros pode ter uma classificação de 1 a 10, em que o resultado do produto desses valores se denomina por *Risk Priority Number* (RPN). O RPN pode variar entre os valores de 1 e 1000, atribuindo-se maior urgência na resolução dos problemas tanto quanto maior for esse valor. Após a definição das prioridades de resolução dos problemas, deve-se atuar no sentido de reduzir a probabilidade de ocorrência destes, recalculando sempre os RPN (Bahrami, Bazzaz, e Sajjadi 2012).

### 3 Apresentação do processo produtivo

Neste capítulo será feita uma descrição detalhada sobre o funcionamento da linha de produção na qual se insere o produto a estudar. Aqui, apresentar-se-á, em primeiro lugar e de uma forma mais geral, as etapas seguidas desde o início da produção até a sua finalização. De seguida far-se-á referência ao modelo em torno do qual se desenrola este trabalho. Seguidamente, serão descritas com maior pormenor todas as etapas desde o início da produção até à sua finalização, indicando-se as tarefas gerais realizadas em cada um dos postos. Será ainda descrito todo o funcionamento de alocação dos materiais necessários aos diferentes postos de trabalho assim como a alocação dos meios auxiliares de produção.

#### 3.1 Processo de fabrico

O fabrico de uma unidade Cobus passa por várias secções e postos de trabalho, sendo o veículo iniciado a partir de um *chassi* fornecido por uma empresa externa ao grupo (*chassi* Mercedes) ou então fornecido pelas instalações da empresa em Ovar (*chassis* Caetano). A sequência seguida para a montagem da carroçaria em alumínio inicia na secção de estruturas, passa por uma primeira fase de pintura, entra na secção de acabamentos e, posteriormente, finaliza com a segunda fase de pintura e preparação para entrega do veículo (Figura 8). É de salientar que, parte do material necessário à conceção de um Cobus é produzido internamente na secção 17 (pré-estruturas), secção à qual também será feita referência. É ainda de notar que a linha de produção em questão, contrariamente à maioria das atuais linhas de produção automóvel, é um processo manual, não existindo uma linha robotizada.

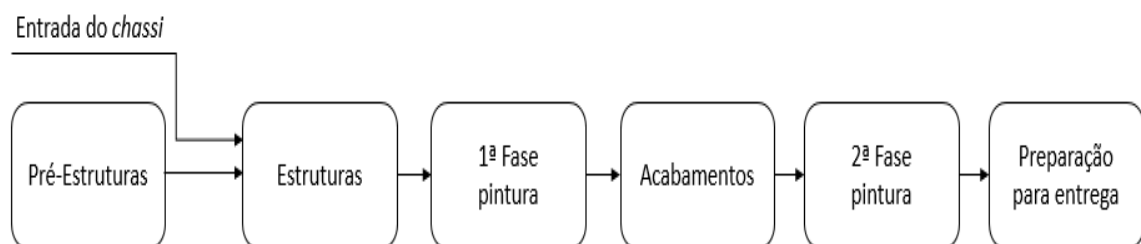


Figura 8 – Esquema da sequência seguida para a produção de uma unidade Cobus

Tratando-se de um modelo novo foi desenvolvido um protótipo para início de produção, permitindo numa primeira fase perceber as mudanças ao nível da engenharia do produto. Foram também produzidas unidades de pré-série evidenciando-se falhas e permitindo ainda verificar a alocação de materiais aos diferentes postos, a metodologia de construção e, consequentemente, a normalização do trabalho. Aquando do início deste trabalho, a produção do Cobus 3002 já se encontrava na 1ª série de produção.

### 3.2 Descrição do produto em arranque de produção

A CaetanoBus atualizou o seu modelo mais popular, Cobus 3001, para uma nova versão denominada de Cobus 3002, mantendo a identidade do produto líder de mercado a nível mundial. Este veículo, produzido pela CaetanoBus, é um moderno autocarro de aeroporto que assegura o rápido e eficiente transporte dos passageiros, tornando as deslocações seguras e económicas.

Desenvolvido a pensar nas preocupações das companhias de aviação, este autocarro assume-se como um produto líder de mercado e, conseqüentemente, como uma mais-valia para a própria organização. Apesar da implantação a nível mundial, verifica-se uma maior preponderância nos mercados europeu, extremo e médio oriente.

Este modelo apresenta diversas variantes, entre as quais podemos destacar o Cobus 3000, no qual se insere o modelo 3002, e o Cobus 2700. A atribuição das designações 2700 e 3000 deve-se exclusivamente à sua largura, ou seja, 2700 e 3000 mm respetivamente.

A nova geração de autocarros de aeroporto da CaetanoBus assenta num chassis Mercedes-Benz, apresentando uma lotação de 112 lugares. Produzidos em Vila Nova de Gaia os novos modelos são distribuídos a partir da Alemanha por uma empresa associada, a COBUS Industries.

### 3.3 Identificação e divisão da linha de produção

A Figura 9 apresenta o *layout* das instalações onde ocorre a produção da organização, sendo o espaço apresentado constituído por três linhas de produção distintas e partilhado pelos vários modelos de autocarros produzidos. O modelo Cobus circula na linha 3, sendo esta linha totalmente dedicada à produção de todas as variantes deste modelo. Esta linha encontra-se dividida em três grandes zonas, a zona de estruturas da secção 26 (assinalada a azul na Figura 9 e designada simplesmente por secção de estruturas), a zona de pintura da secção 04 (assinalada a amarelo na Figura 9 e designada simplesmente por secção de pintura), e a zona de acabamentos da secção 26 (assinalada a vermelho na Figura 9 e designada simplesmente por secção de acabamentos). Ainda antes da entrada na secção de estruturas é necessário realizar preparações de material na secção 17 (assinalada a violeta na Figura 9 e designada simplesmente por secção de pré-estruturas). Após essas preparações, a produção inicia-se no posto 1 das estruturas aquando da entrada do *chassi* (é de notar que o *chassi* já traz acoplado o respetivo motor), passando por todos os postos dessa secção. Dessa secção resulta a carroçaria do veículo seguindo esta para a secção de pintura, onde em linhas gerais é pintado todo o autocarro. Finalizada a 1ª fase de pintura, o veículo passa para os acabamentos percorrendo todos os seus postos e de onde resulta a montagem de todo o recheio do veículo. Seguidamente, procede-se à 2ª fase de pintura, voltando o veículo a entrar na secção de pintura, onde são realizadas inspeções à pintura com o intuito de filtrar qualquer defeito resultante das montagens nos acabamentos. Nessa fase é também realizada a limpeza do produto final. Por último, é ainda realizada a preparação para entrega (assinalada a laranja na Figura 9), saindo o veículo dessa fase pronto para entrega ao cliente. É de notar que todo o espaço envolvente da linha Cobus se encontra ocupado por outras linhas de produção, sendo limitado a eventuais ampliações.



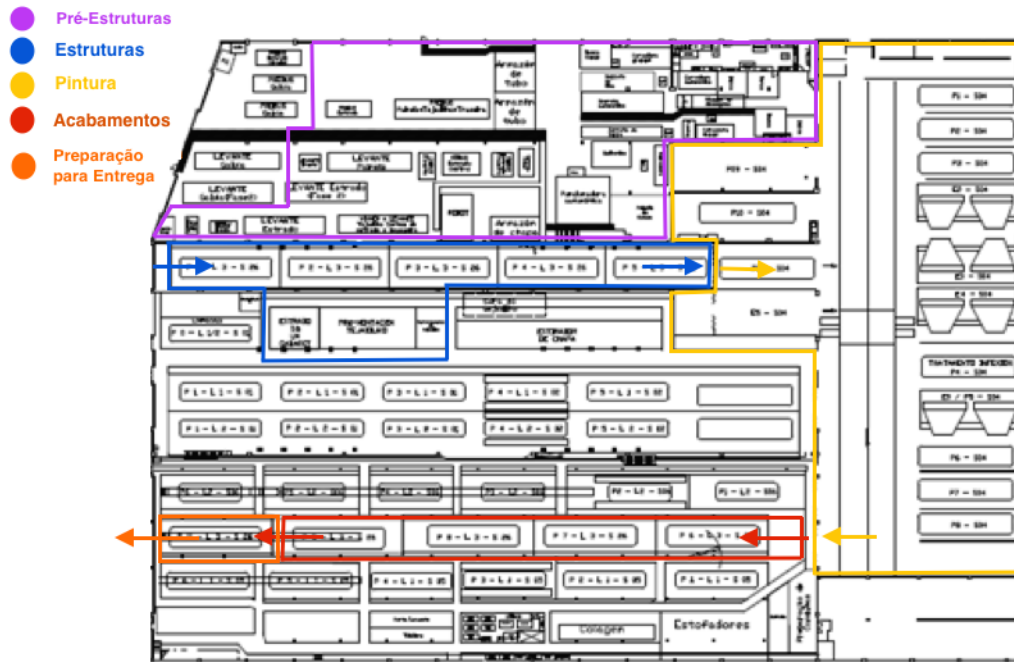


Figura 9 – Layout da produção com identificação da linha afeta ao modelo Cobus

### 3.4 Plano de produção, roteiro e abastecimento da linha

Para uma melhor compreensão do funcionamento da linha de produção e dos seus postos, é relevante esclarecer o funcionamento dos planos de produção, roteiros, e, consequentemente, do abastecimento do bordo de linha.

Os planos de produção são criados e posteriormente, devido à sua complementaridade, são criados os roteiros. Considerando a procura do modelo e um determinado *takt-time* (por exemplo de 8 ou 10 horas) elabora-se o plano de produção. Uma vez inserido no *software* SAP, sistema de gestão empresarial, são geradas as listas técnicas dos materiais necessários, sendo estas associadas a roteiros. Por roteiro entende-se uma descrição e registo temporal em SAP dos materiais necessários em cada posto da linha de produção, permitindo gerar as necessidades de materiais no sistema. Estas são satisfeitas pela Logística, que recebe a informação do material necessário por cada posto de acordo com as listas de *picking*.

Por outro lado, o abastecimento de materiais aos bordos de linha (Figura 10) é da responsabilidade da Logística interna e assegurada por duas viagens diárias do comboio logístico. Estando os bordos de linha localizados numa das laterais, tanto na secção de acabamentos como na de estruturas, a primeira viagem de abastecimento trata de assegurar o fornecimento dos materiais caracterizados como consumíveis (colas, rebites, materiais de limpeza, etc). Na segunda passagem, o abastecimento é centrado nos componentes contidos nos roteiros, os denominados componentes de *picking*, sendo realizada a sua distribuição por posto de trabalho. Para além destes materiais, fibras, portas e outros, são entregues pelos fornecedores que abastecem diretamente a linha.



Figura 10 – Bordo de linha

### 3.5 Meios auxiliares de produção

Define-se meios auxiliares de produção (MAP's) como objetos destinados ao apoio dos colaboradores na realização das suas tarefas na produção. Estes, quando utilizados e desenvolvidos corretamente, asseguram a qualidade (e sua permanência) das tarefas executadas, assim como potenciam as condições de trabalho dos colaboradores. Como tal, estes meios necessitam de um plano de manutenção preventiva, sendo, por essa razão, imprescindível a sua correta identificação e alocação aos diferentes postos.

Desta forma, de maneira a gerir os diversos MAP'S existentes, existe um ficheiro Excel que funciona como uma base de dados. Esse ficheiro contém informação sobre os MAP's de cada um dos modelos produzidos na CaetanoBus. Assim, sempre que se desenvolva um novo MAP esse deverá ser adicionado à base de dados.

Os meios existentes são armazenados numa plataforma situada sobre a secção de estruturas. Sempre que sejam necessários para a produção de um determinado modelo, estes são transportados para o bordo de linha do posto a utilizar, permanecendo nesse local até que deixem de ser utilizados ou até a entrada de um modelo distinto.

Na Figura 11, apresenta-se uma lista de parte dos MAP'S existentes do modelo Cobus 3002, com os seus códigos de identificação e secção a qual estão alocados.


<div>  <b>CAETANOBUS</b> </div> <div> <b>Lista de Set up de Linha</b> </div>						
Departamento: PRD1			Data: 05-05-2016		Modelo: Cobus 3002	
Posto	Secção	MAP - Designação	Código	Qtdd	Posto uso	Arrumação
P00	26	- Gabarit de controlo da estrutura dos painéis laterais	508624	1	Gabarit S26	Gabarit S27
P00	26	MAP CTR inclinação Pilares dos Portais	512038	1	Gabarit 26	Gabarit 26
P04	26	Alinhamento de estrado	510770	2	P1	P1
P04	26	Calços de apoio chassi	510751	22	P1	P1
P04	26	Calços de apoio chassi	512213	8	P1	Plataforma
P04	26	Cavalete para apoio de aço	510886	3	P1	P1
P04	26	Escantilhão de controlo de posicionamento Estribo Frente do lado direito	511388	3	P1	P1
P04	26	Escantilhão para centrar Chassi da Frente	510383	2	P1	P1
P04	26	LP	508276	1	P1	P1
P04	26	Meio de controlo do eixo	511005	2	P1	P1
P04	26	Meio de transporte do chassi de um posto para outro	511639	1	P1	P1
P04	26	Meio para transporte de estrado	1001480	1	P1	P1
P04	26	Tirar centro rodas da frente para medição entre eixos da frente	511658	2	P1	P1
P04	26	<b>Rodízios para deslocação do chassi</b>	510887	2	P1	P1
P04	26	<b>Control. Medida entre eixos</b>	511776	2	P1	P1
P05	26	Controlo do estribo da frente	511388	3	P2	P2
P05	26	Escantilhão de abertura da porta da frente	509963	1	P2	P2

Figura 11 – Lista de meios auxiliares de produção Cobus 3002

### 3.6 Processo produtivo por secção

#### Pré-Estruturas

Na secção 17 (pré-estruturas nas instalações da CaetanoBus em Gaia) para o autocarro Cobus são produzidos materiais necessários à produção das unidades. As tarefas realizadas dizem respeito à estrutura da frente em aço, aos estrados em aço e às tampas laterais em alumínio.

A produção das frentes em aço segue as seguintes etapas:

1. Corte de tubo;
2. Trabalho de banca (retirar rebarbas, soldar conjunto de peças e curvatura de tubo);
3. Produção das estruturas de acordo com meios auxiliares de produção;
4. Metalização;

Apenas parte da produção da frente em aço é realizada nas instalações da CaetanoBus em Gaia (pontos 1 e 2), sendo a produção finalizada nas instalações de Ovar (pontos 3 e 4). Também na produção das tampas laterais estas são cortadas e preparadas nas instalações de Ovar, onde são ainda quinadas, furadas e montadas as dobradiças.

Por último, na secção 17 são produzidos os estrados de aço a utilizar como base aos estrados de alumínio. São ainda realizadas as operações de corte e soldadura para preparação das travessas, tendo essas mesmas travessas furos para a passagem das tubagens pneumáticas e do depósito de combustível. Na Figura 12 encontra-se um exemplo de um estrado de aço central já aplicado no chassi (posto 1 das estruturas).



Figura 12 – Estrado de aço central já aplicado no chassi

#### Estruturas

Nesta secção estão compreendidos cinco postos de trabalho, existindo determinadas montagens realizadas em paralelo (Paralelas). Aqui são executadas as operações respeitantes à montagem estrutural do veículo, as quais serão identificadas de seguida.

No posto 1, após a entrada do *chassi* na secção (Figura 13), é realizada a preparação do mesmo e a aplicação dos estrados sobre este. Neste posto são ainda realizadas em paralelo, as pré-montagens dos estrados de alumínio, dos painéis e do tejadilho.



Figura 13 – Chassi após a entrada no posto 1

No posto 2 destaca-se a montagem dos painéis e sua chaparia, a montagem do tejadilho, montagem da frente (em aço) e traseira, aplicação das tampas laterais e montagem da chaparia do quadro elétrico.

No posto 3 as operações realizadas de maior destaque são a montagem do separador da divisória do motorista, a montagem das fibras da frente e traseira, a aplicação de isolamento e blindagens e a montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas do salão.

No posto 4, numa primeira fase, o veículo é elevado e o chassi é soldado ao estrado. É de destacar a realização da afinação das portas do salão, a montagem da frente e traseira interior em fibra, ligações elétricas do ar condicionado (daqui em diante designado simplesmente por AC), ligações electropneumáticas das portas do salão e dos tubos de aquecimento, montagem dos cantos e tampa da frente, aplicação dos perfis lacados dos painéis, montagem dos tabuleiros das sancas, montagem dos sistemas de abertura das tampas laterais e montagem do desembaciador.

Por último, no posto 5 as operações de maior destaque são a montagem das tampas interiores superiores (daqui em diante designadas simplesmente por sancas), montagem do *tablier* e do limpa-vidros, aplicação de napas, aplicação das placas de acrílico-butadieno-estireno (polímero vulgarmente conhecido por ABS, sendo assim designado daqui em diante) na cabine motorista, montagem do extrator e ventilador e a ligação do motor *power-pack*. É de notar que este posto labora em primeiro e segundo turno, sendo, geralmente, o único da secção de estruturas nesta situação. Na Figura 14 apresenta-se um Cobus 3002 no posto 5 da secção das estruturas, estando em falta a montagem do *tablier* para entrada na secção de pintura.



Figura 14 – Cobus 3002 à saída da secção das estruturas (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus)

## 1ª Fase de pintura

A secção 04 diz respeito às tarefas realizadas ao nível da pintura, sendo esta secção comum a todas as linhas. Identificada como o *bottleneck* da produção (devido à limitação dos postos de trabalho comuns a todas as linhas de produção e devido à limitação do número de estufas e aos tempos de secagem associados), necessita de trabalhar em três turnos para conseguir responder às necessidades, encontrando-se dividida em 6 postos distintos.

Inicialmente, é realizada a preparação para primário, aplicando-se betume para a uniformização da superfície sobre a qual será aplicada a subcapa e primário.

Em seguida faz-se o polimento da subcapa e posteriormente uma nova aplicação de betume. Após estas tarefas, realiza-se a aplicação de esmalte e o polimento da unidade.

Na fase seguinte, é pintado o exterior da unidade de acordo com as especificações do cliente e realizado o remate referente à pintura no interior das bagageiras e zonas exteriores em preto. A aplicação de preto brilhante no exterior é feita por meio de vinil, sendo a sua aplicação responsabilidade de uma empresa externa.

Concluída a pintura, ainda no exterior, inicia-se o tratamento inferior da unidade. Elevando-se o autocarro através de sistemas mecânicos, aplica-se um revestimento antigraatilha e insonorizante.

Por fim são retirados os isolamentos ainda existentes na unidade, sendo ainda retificados eventuais defeitos de pintura e realizada uma inspeção por parte do departamento da qualidade. Na Figura 16 está apresentado um Cobus 3002 saído da pintura, estando já no primeiro posto da secção dos acabamentos.



Figura 15 – Cobus 3002 à entrada da secção dos acabamentos (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus)

## Acabamentos

Chegando a esta fase são realizadas nas unidades as operações que resultam na finalização da conceção do produto, sendo, na sua maioria, alterações ao nível do conforto e estéticas.

No posto 6, o primeiro desta secção, são essencialmente realizadas as operações que resultam na montagem do capô do motor, as operações de montagem do painel de instrumentos, operações de montagem do quadro elétrico, montagem dos bancos e a montagem e ligação dos faróis e LED's dos faróis da frente.



No posto 7 as operações de maior destaque dizem respeito à montagem dos varões, montagem das portas do motorista e guia e, finalmente, à colocação do para-brisas, vidro traseiro, vidros laterais e vidro da divisória. É de destacar que os vidros laterais e da divisória são aplicados em segundo turno.

No posto 8, o grosso da atividade diz respeito à montagem do interior da cabine e à montagem das portas do salão.

Por último, no posto 9 realizam-se as operações de montagem e focagem dos faróis, ligação dos espelhos e botões dos elevadores dos vidros e montagem dos opcionais da unidade. Neste posto é ainda emitido um relatório de qualidade da unidade em questão.

## 2ª Fase de pintura

A segunda fase de pintura destina-se à eliminação de defeitos que foram surgindo durante as operações efetuadas na secção dos acabamentos, sendo realizada na secção de pintura. Como tal, componentes e materiais que não estejam de acordo com os padrões de qualidade definidos, assim como eventuais defeitos de pintura, são retificados nesta fase.

Assim, esta fase encontra-se dividida em quatro etapas:

1. **Limpeza e análise de defeitos** – Realiza-se a limpeza da unidade e, consequentemente, averiguam-se os defeitos detetados.
2. **Retificação** – Isolamento dos locais sem necessidade de intervenção, regularização das superfícies e limpeza dos defeitos para reparação.
3. **Esmaltagem** – Preparação e esmaltagem seguida de secagem em estufa. Aqui é realizada a pintura da cor base.
4. **Remate** – Pintar outras cores que não a cor de base, realizando o devido isolamento das áreas esmaltadas.

## Preparação para entrega

A preparação para entrega, como o próprio nome antecipa, é a última fase da produção. Nesta é realizada uma inspeção mecânica e limpeza geral à unidade, sendo ainda colocadas as placas com as características da mesma. Por último, o produto é alvo de uma certificação final ficando apto para entrega. Na Figura 16 está apresentado um Cobus 3002 pronto para entrega ao cliente.



Figura 16 – Cobus 3002 pronto para entrega (fotografia retirada nas instalações da CaetanoBus)

## **4 Introdução de um novo modelo**

Neste capítulo caracterizar-se-á a situação inicial da CaetanoBus na área da produção do modelo Cobus, identificando-se os problemas encontrados e a metodologia seguida para a determinação dos mesmos. Sendo o Cobus 3002 um novo produto, encontrando-se na sua primeira série de produção, a situação inicial traduzia-se no desconhecimento do produto por parte dos colaboradores, conduzindo necessariamente a uma perturbação na sequência das tarefas.

Com base na descrição da situação inicial e tendo em consideração a metodologia a utilizar na elaboração deste trabalho, realizou-se um levantamento do problema para permitir um conhecimento alargado do estado inicial. Por outro lado, esta caracterização inicial servirá de futura comparação aquando da conclusão dos trabalhos, permitindo verificar e quantificar de que forma os objetivos propostos foram atingidos.

### **4.1 Tempos registados e tarefas registadas**

Com a introdução de um novo produto numa linha de produção partilhada com outros modelos, todas as mudanças têm que ser bem ponderadas, sobre o risco de afetar não só a produção do novo produto como a dos já existentes, atingindo de maneira global a empresa.

Com o arranque de produção de um novo produto, seja neste tipo de indústria ou noutra distinta, surgem inevitavelmente situações imprevisíveis que se tornam obstáculo para cumprir os prazos de entrega previamente acordados. Para além disso, neste caso concreto, o facto dos colaboradores afetos à linha Cobus lidarem com os mesmos modelos durante vários anos, aumentou a resistência à mudança por parte destes.

Assim, o que numa primeira fase aparentava ser possível realizar duas cronometragens relativamente folgadas à linha, acabou por não se verificar. Não só se confirmou a resistência atrás mencionada, como vários problemas de engenharia, e, sobretudo, problemas de abastecimento de material (material mal concebido assim como falta de capacidade dos fornecedores) que atrasaram toda a produção. Na Figura 17 está representada a contribuição temporal, em forma de percentagem, de cada uma das secções para a realização de uma unidade, sendo visível a maior necessidade de tempo na secção de estruturas (45%) em relação aos acabamentos (32%). É de notar que, apesar de apenas se ter realizado a cronometragem das estruturas, a empresa tem um registo atualizado do tempo que uma determinada unidade permanece num posto. Como tal, devido ao maior número de horas necessário na secção de estruturas optou-se por se centralizar o desenvolvimento do trabalho na melhoria do funcionamento dessa secção. Assim, foram realizadas duas cronometragens nessa secção (posto 1 a 5 mais paralelas).

Todas as operações realizadas na secção de estruturas, necessárias à produção de uma unidade Cobus, foram registadas, permitindo, posteriormente, uma análise mais detalhada. Para tal foram preenchidas as folhas de cronometragem presentes no anexo A.

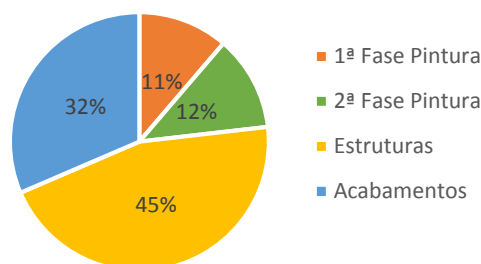


Figura 17 – Contribuição temporal das várias secções para o desenvolvimento de um Cobus 3002

Na Tabela 1 estão apresentados os tempos recolhidos nas duas medições, agregados para cada um dos diferentes postos. Ao longo da coluna “Posto” encontram-se diferenciados os diferentes postos de trabalho da secção de estruturas, estando estes distribuídos por linha. A coluna “Nº de Colaboradores” menciona o número de colaboradores por cada um dos diferentes postos. Da mesma forma, as colunas “Tempo Cronometrado” e “Tempo Produtivo” fazem referência aos tempos recolhidos para cada uma das diferentes medições realizadas. Finalmente, na coluna Produtividade é feita referência às produtividades da secção, calculadas com os dados recolhidos das duas medições.

O posto classificado como mecânicos (Mecânicos) diz respeito às tarefas de montagem do quadro de válvulas, montagem do AC e montagem do depósito. Essa separação dos restantes postos foi realizada pois os colaboradores executam essas tarefas sucessivamente em postos distintos, podendo essas operações ser balanceadas como um outro posto. O posto designado por Paralelas diz respeito à pré-montagem dos painéis, dos estrados de alumínio e do tejadilho a aplicar no posto 2.

É ainda importante referir que os tempos produtivos foram classificados como tempos de operação, preparação e transporte, e os tempos não-produtivos como diversos. Como já mencionado no capítulo 2, para além destas categorias, os tempos produtivos podem ainda ser classificados como inspeção e armazenamento. No entanto, tratando-se de um primeiro balanceamento à linha de produção, e numa primeira fase de classificação temporal, os tempos associados às tarefas de armazenamento foram incluídos na categoria de transporte. Contrariamente, tempos associados a retrabalho e inspeções foram incluídos na categoria de preparação. Todavia, após a normalização de todos os procedimentos de trabalho e materiais, estes tempos devem passar a ser classificados como diversos e inspeção, respetivamente.

Tabela 1 – Tempos recolhidos nas duas medições agregados por posto de trabalho

Cobus 3002								
	Posto	Nº de Colaboradores	Tempo Cronometrado		Tempo Produtivo		Produtividade	
			Medições		Medições		Medições	
			1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª
Estruturas	Paralelas	6	73,09 h	48,16 h	29,73 h	27,35 h	45%	54%
	Posto 1	4	27,58 h	34,86 h	19,03 h	21,27 h		
	Posto 2	4	31,76 h	29,27 h	22,55 h	18,15 h		
	Posto 3	12	90,57 h	86,03 h	45,28 h	44,73 h		
	Posto 4	9	135,92 h	109,04 h	39,42 h	56,70 h		
	Posto 5	6	40,20 h	57,79 h	22,92 h	26,58 h		
	Mecânicos	3	5,09 h	13,98 h	2,03 h	9,77 h		
Total	—	44	404,22 h	379,13 h	180,97 h	204,55 h	—	—



Os valores apresentados na Tabela 1 dizem respeito às duas cronometragens realizadas. Na coluna “Tempo Cronometrado” estão indicados os tempos totais recolhidos, na 1ª e na 2ª medição. Já na coluna “Tempo Produtivo” são indicados os tempos cronometrados aos quais já foram eliminados os classificados como diversos. É importante referir que perante a grande dificuldade associada à recolha de dados na 1ª medição, determinadas tarefas não foram corretamente cronometradas. Como tal, a recolha de uma segunda amostra de dados permitiu confirmar essas incertezas, evidenciando-se diferenças significativas nos tempos produtivos dos postos 4 e 5. Essa disparidade foi ainda mais notória na dificuldade sentida na recolha dos dados dos Mecânicos na 1ª medição, visto os tempos produtivos recolhidos na 2ª cronometragem terem aumentado cerca de 5 vezes.

## 4.2 Abordagem inicial

A elaboração deste projeto tem por base uma correta distribuição dos recursos financeiros e humanos necessários à elaboração do produto. Desta forma, pretende-se normalizar e melhorar o processo para se obter um correto orçamento. Com base no desenvolvimento do protótipo foram atribuídas 337 horas à secção de estruturas, constituindo este valor um objetivo que se pretende não ultrapassar. Contudo, e de acordo com o observado e registado pela empresa, esse número estava a ser ultrapassado em mais de 40 horas, sendo necessário estudar as causas dessa derrapagem. Deste modo, com base nas duas cronometragens às tarefas da secção, propuseram-se melhorias e efetuaram-se balanceamentos.

Como referido anteriormente, a cronometragem da primeira série revelou-se uma tarefa extremamente complexa, sobretudo pela falta de definição de tarefas, pela constante falha de materiais e pela dificuldade de adaptação dos colaboradores ao novo produto. Tudo isto originou sucessivos atrasos, obrigando que os vários colaboradores trabalhassem simultaneamente em diferentes veículos e em diferentes postos de trabalho. Essa realização fracionada das tarefas causou muita dificuldade na cronometragem, não só na identificação das tarefas, mas também na organização da equipa destinada à recolha dos dados.

Após uma análise da 1ª medição verificou-se a existência de tarefas por cronometrar (principalmente do posto 4 e 5) e, eventualmente, tarefas mal cronometradas. As sucessivas faltas de materiais e não conformidades dos materiais fornecidos, potenciaram erros na 1ª medição. Desta forma, partiu-se para uma 2ª recolha de dados. A segunda passagem pela secção permitiu confirmar as dúvidas relativas aos dados da 1ª série, e confirmar potenciais oportunidades de melhoria já identificadas. Por outro lado, devido à maior compreensão do funcionamento da secção e das tarefas a realizar, a recolha de dados, apesar da maior parte dos problemas se manterem, foi bastante mais acessível, levando à identificação de novas oportunidades de melhoria.

Durante a realização de ambas as medições o funcionamento da linha Cobus seguia um *takt* de 8h, ou seja, cinco veículos por semana. No entanto, a administração da empresa tinha como objetivo alterar, numa primeira fase, a produção para seis veículos por semana e, posteriormente, sete. Como tal, foram realizados dois balanceamentos que permitissem atingir as metas da empresa, um balanceamento para um *takt* de 6,67 h e outro para um *takt* de 5,72 h.

Contudo, antes da realização dos balanceamentos foi necessário redefinir as macro tarefas associadas a cada um dos postos. Como ponto de partida, foram utilizadas as macro tarefas do modelo anterior (Cobus 3001) que após as duas medições foram alteradas de acordo com o novo modelo. Ao agruparem-se as tarefas de acordo com o verificado nos postos de trabalho, foi possível analisar os dados destes, realocando tarefas de acordo com as condições oferecidas pela secção.

Ao realizarem-se os balanceamentos pretendeu-se distribuir corretamente os colaboradores pelos diferentes postos, permitindo cumprir com o tempo de *takt* definido.

### 4.3 Definição de macro tarefas

Com base no observado durante as duas medições e tendo como ponto de partida as tarefas do anterior modelo realizadas por posto, definiu-se um novo conjunto de macro tarefas mais adequadas ao novo autocarro. De uma maneira geral, as tarefas do posto 1, do posto 2 e das montagens paralelas mantiveram-se inalteradas. Por outro lado, nos restantes postos as mudanças foram mais significativas. Da Tabela 2 à Tabela 7 encontram-se representadas as novas macro tarefas de cada posto. É importante referir que apesar das tarefas relativas à montagem do quadro de válvulas, à montagem do AC e à montagem do depósito estarem associadas aos postos 2 e 3, estas são realizadas por colaboradores externos a esses postos. Por este motivo, e devido à mobilidade destes colaboradores (Mecânicos), essas tarefas foram balanceadas à parte. Visto as tarefas realizadas pelos Mecânicos estarem integradas em determinados postos, não aparece assim uma tabela referente somente ao posto Mecânicos.

Tabela 2 – Macro tarefas montagens paralelas

Macros	
Paralelas	
1	Pré-montagem dos estrados de alumínio
2	Pré-montagem dos painéis
3	Pré-montagem do tejadilho
4	Preparação peças

Tabela 3 – Macro tarefas posto 1

Macros	
Posto 1	
1	Preparação do chassis
2	Aplicação do estrado de aço
3	Aplicação dos estrados de alumínio
4	Preparação do depósito de combustível e elevar suspensão

Tabela 4 – Macro tarefas posto 2

Macros	
Posto 2	
1	Montagem dos painéis
2	Montagem do tejadilho
3	Montagem da frente em aço
4	Montagem das tampas laterais
5	Selar blindagem das cavas da frente e interior salão
6	Montagem da chaparia dos painéis
7	Chaparia do quadro elétrico
8	Montagem da traseira
9	Colocação estribo
10	Montagem do quadro de válvulas

Tabela 5 – Macro tarefas posto 3

Macros	
Posto 3	
1	Passagem da instalação elétrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente
2	Montagem do separador da divisória do motorista
3	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas do salão
4	Montagem da traseira em fibra
5	Montagem da frente em fibra
6	Preparação dos braços, mecanismos, bases e varões das portas do salão
7	Montagem da tampa traseira
8	Montagem dos cantos traseiros
9	Montagem do AC
10	Montagem do depósito
11	Pré-montagem da estrutura de suporte das portas
12	Aplicação de isolamento na frente do autocarro
13	Aplicar estrutura para portas de bater
14	Preparar fibra traseira para aplicação de faróis
15	Revestir tejadilho
16	Aplicação de blindagens na frente do autocarro

Tabela 6 – Macro tarefas posto 4

Macros	
Posto 4	
1	Fixar chassis ao estrado por baixo com o autocarro elevado
2	Afinação das portas do salão
3	Montagem dos perfis de iluminação e de som
4	Montagem da frente interior superior em fibra
5	Montagem dos cantos da frente em ABS
6	Montagem da tampa da frente
7	Ligação electropneumática das portas do salão, tubos de aquecimento para aquecedores de salão
8	Aplicar traseira interior (inferior e superior) e pilares em fibra ABS
9	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas
10	Passagem de instalação elétrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier
11	Montagem de aplicações nas tampas laterais
12	Aplicação de frisos para laminite e laminite na frente lateral
13	Montagem do desembaciador
14	Montagem da tampa de madeira do quadro elétrico
15	Selar interior salão
16	Colocação de prumos nas tampas
17	Instalar Webasto
18	Colocação fechos de nylon na tampa traseira

Tabela 7 – Macro tarefas posto 5

Macros	
Posto 5	
1	Montagem do limpa-vidros, tubos esguicho, suporte depósito água, motor esguicho e tubos do desembaciador
2	Montagem sancas (tampas interiores) no tejadilho
3	Montagem do tablier
4	Ligações elétricas e mecânicas na frente
5	Perfis de iluminação na cabine motorista
6	Aplicar forras centrais tejadilho (salão)
7	Aplicação de placas e remates de laminite (salão)
8	Aplicação de napas
9	Aplicar placas de ABS (cabine motorista)
10	Ligação do motor power-pack
11	Montagem dos ventiladores
12	Montagem dos acrílicos
13	Montagem da grelha do AC
14	Aplicação de forras cabine motorista e montagem saída de ar (pés motorista)

Após a identificação das várias tarefas realizadas na secção, foi possível associar os dados recolhidos a cada uma das diferentes macros, verificando-se quais as principais diferenças entre as duas medições e permitindo determinar a duração de cada tarefa para a realização dos balanceamentos.

#### 4.4 Associação dos dados recolhidos às tarefas e caracterização do procedimento observado

Depois da passagem dos dados recolhidos para formato digital e da sua associação às diferentes tarefas, começou-se por fazer uma comparação entre as duas cronometragens realizadas, determinando-se os dados a utilizar nos balanceamentos, estando essa informação representada da Tabela 8 à Tabela 13. Estas apresentam cinco colunas distintas, sendo que em cada uma das linhas estão apresentadas as diferentes macro tarefas realizadas no posto. Na primeira coluna faz-se referência ao posto. Na segunda são apresentados os tempos produtivos de cada macro tarefa, recolhidos na primeira medição, enquanto que na terceira coluna apresentam-se os valores obtidos na segunda medição. Já na coluna “Valores a utilizar” faz-se referência aos dados a utilizar nos balanceamentos, sendo esses valores, maioritariamente, resultantes da média das duas colunas anteriores. No entanto, na coluna “obs” estão apresentados quatro tipos de informação (“\*”, “\*\*”, “-“ ou “- -“) que influenciam a coluna anterior e serão explicados de seguida.

Por um lado, as células da coluna “obs” que contêm “\*\*” dizem respeito aos valores contidos na coluna “Valores a utilizar” em que, após se estudar os passos realizados para a execução das tarefas, e em conjunto com os elementos do departamento PEM, se decidiu utilizar os dados relativos à segunda cronometragem em detrimento de uma média. Por outro lado, as células que contêm “\*” dizem respeito aos tempos que, devido à falta de dados e devido à semelhança destas tarefas com as do modelo anterior, foram assumidos valores do Cobus 3001. De outro modo, as células constituídas por “-“ na coluna “obs” referem-se a tempos determinados pela média das duas medições. Já as células constituídas por “- -“ na coluna “obs” referem-se a tempos que, devido à falta de dados em uma das medições, são idênticos aos dados recolhidos.

Tabela 8 – Comparação dos dados recolhidos nas montagens paralelas e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Paralelas		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Pré-montagem dos estrados de alumínio	299	246	273	-
2	Pré-montagem dos painéis	296	242	269	-
3	Pré-montagem do tejadilho	1064	1068	1066	-
4	Preparação peças	125	85	105	-

Tabela 9 – Comparação dos dados recolhidos no posto 1 e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Posto 1		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Preparação do chassis	663	796	730	-
2	Aplicação do estrado de aço	266	276	271	-
3	Aplicação dos estrados de alumínio	197	183	190	-
4	Preparação do depósito de combustível e elevar suspensão	16	21	19	-

Tabela 10 – Comparação dos dados recolhidos no posto 2 e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Posto 2		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Montagem dos painéis	470	295	383	-
2	Montagem do tejadilho	142	93	118	-
3	Montagem da frente em aço	126	125	126	-
4	Montagem das tampas laterais	129	107	118	-
5	Selar blindagem das cavas da frente e interior salão	64	40	52	-
6	Montagem da chaparia dos painéis	281	291	286	-
7	Chaparia do quadro elétrico	19	12	16	-
8	Montagem da traseira	68	78	73	-
9	Colocação estribo	54	48	51	-
10	Montagem do quadro de válvulas	73	39	56	-

Tabela 11 – Comparação dos dados recolhidos no posto 3 e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Posto 3		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Passagem da instalação elétrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente	158	343	343	**
2	Montagem do separador da divisória do motorista	472	500	486	-
3	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas do salão	394	275	335	-
4	Montagem da traseira em fibra	281	267	274	-
5	Montagem da frente em fibra	434	359	359	**
6	Preparação dos braços, mecanismos, bases e varões das portas do salão	-	-	291	*
7	Montagem da tampa traseira	42	141	141	**
8	Montagem dos cantos traseiros	248	84	84	**
9	Montagem do AC	-	382	382	-
10	Montagem do depósito	49	165	165	**
11	Pré-montagem da estrutura de suporte das portas	8	108	108	**
12	Aplicação de isolamento na frente do autocarro	156	176	166	-
13	Aplicar estrutura para portas de bater	153	145	149	-
14	Preparar fibra traseira para aplicação de faróis	36	36	36	-
15	Revestir tejadilho	66	93	80	-
16	Aplicação de blindagens na frente do autocarro	269	157	213	-

Tabela 12 – Comparação dos dados recolhidos no posto 4 e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Posto 4		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Fixar chassis ao estrado por baixo com o autocarro elevado	334	275	305	-
2	Afinação das portas do salão	190	191	191	-
3	Montagem dos perfis de iluminação e de som	127	207	207	**
4	Montagem da frente interior superior em fibra	166	271	271	**
5	Montagem dos cantos da frente em ABS	323	175	175	**
6	Montagem da tampa da frente	150	238	194	-
7	Ligação electropneumática das portas do salão, tubos de aquecimento para aquecedores de salão	143	235	235	**
8	Aplicar traseira interior (inferior e superior) e pilares em fibra ABS	62	111	87	-
9	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas	278	340	309	-
10	Passagem de instalação elétrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier	143	667	667	**
11	Montagem de aplicações nas tampas laterais	100	163	132	-
12	Aplicação de frisos para laminite e laminite na frente lateral	83	156	120	-
13	Montagem do desembaciador	36	90	63	-
14	Montagem da tampa de madeira do quadro elétrico	17	44	31	-
15	Selar interior salão	51	38	45	-
16	Colocação de prumos nas tampas	129	77	103	-
17	Instalar Webasto	33	66	50	-
18	Colocação fechos de nylon na tampa traseira	-	58	58	- -

Tabela 13 – Comparação dos dados recolhidos no posto 5 e determinação dos valores a utilizar

Macros					
Posto 5		1ª Medição (min)	2ª Medição (min)	Valores a utilizar (min)	obs
1	Montagem do limpa-vidros, tubos esguicho, suporte depósito água, motor esguicho e tubos do desembaciador	126	348	348	**
2	Montagem sancas (tampas interiores) no tejadilho	76	86	81	-
3	Montagem do tablier	344	537	441	-
4	Ligações elétricas e mecânicas na frente	33	83	83	**
5	Perfis de iluminação na cabine motorista	39	38	39	-
6	Aplicar forras centrais tejadilho (salão)	272	-	272	- -
7	Aplicação de placas e remates de laminite (salão)	47	-	47	- -
8	Aplicação de napas	-	-	67	*
9	Aplicar placas de ABS (cabine motorista)	224	259	242	-
10	Ligação do motor power-pack	19	84	84	**
11	Montagem dos ventiladores	128	50	50	**
12	Montagem dos acrílicos	44	30	37	-
13	Montagem da grelha do AC	-	52	52	-
14	Aplicação de forras cabine motorista e montagem saída de ar (pés motorista)	23	28	26	-

Assim que se determinaram as durações das diferentes macro tarefas, realizou-se uma análise percentual, por posto, dos tempos produtivos e não produtivos, identificando-se como crítico o tempo gasto em paragens, o tempo de espera por material e, devido aos sucessivos atrasos, o número excessivo de colaboradores a trabalhar simultaneamente no autocarro. Agrupando as tarefas por categoria, obtiveram-se os resultados representados da Figura 18 à Figura 25.

Cada uma das figuras é constituída por três colunas gerais distintas, sendo elas correspondentes à “1ª Medição”, “2ª Medição” e “Média” entre as duas primeiras. Estas estão

divididas em quatro categorias (“Diversos”, “Transporte”, “Preparação” e “Operação”) por meio de colunas empilhadas, em que cada uma diz respeito às classificações dos tempos recolhidos. Para a realização desta análise optou-se por, contrariamente ao referido, executar apenas uma média das duas cronometragens. Isto deveu-se à dificuldade em associar parte dos tempos diversos às diferentes tarefas. Tendo em consideração que a equipa de cronometragem não se alterou entre as duas recolhas, e que, de uma maneira geral, os colaboradores foram observados pela mesma pessoa, considerou-se a classificação das tarefas semelhante, mantendo-se as proporções.

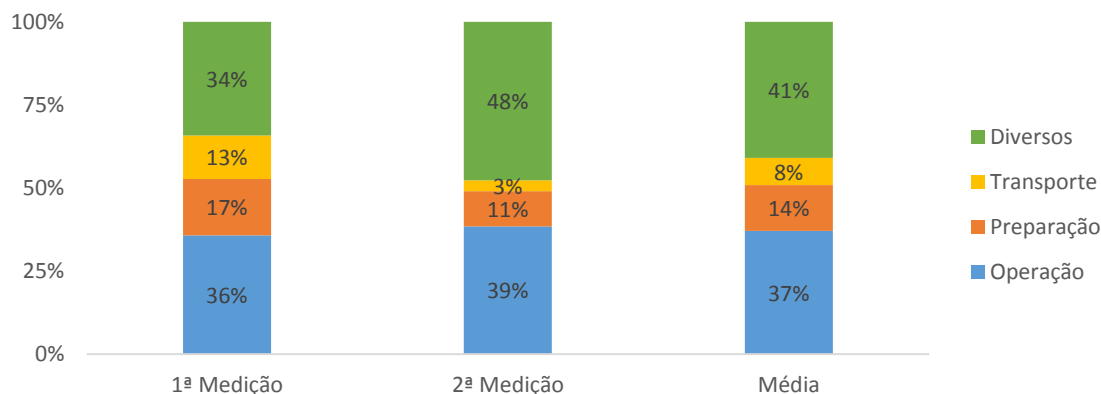


Figura 18 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos estrados

Analisando a Figura 18, relativa à contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos estrados, é visível um aumento da percentagem de tempos improdutivos, Diversos, entre as duas cronometragens. Esse aumento deveu-se principalmente à participação, por parte do colaborador responsável pela pré-montagem dos estrados, nas greves realizadas pela comissão dos trabalhadores que tiveram lugar durante as cronometragens. Também problemas relacionados com a ponte rolante (permite o transporte de material para a conceção dos estrados) contribuíram para esse aumento. No entanto, consultando a Tabela 8 atrás apresentada podemos verificar o melhor desempenho na segunda medição, visto que o tempo produtivo foi menor.

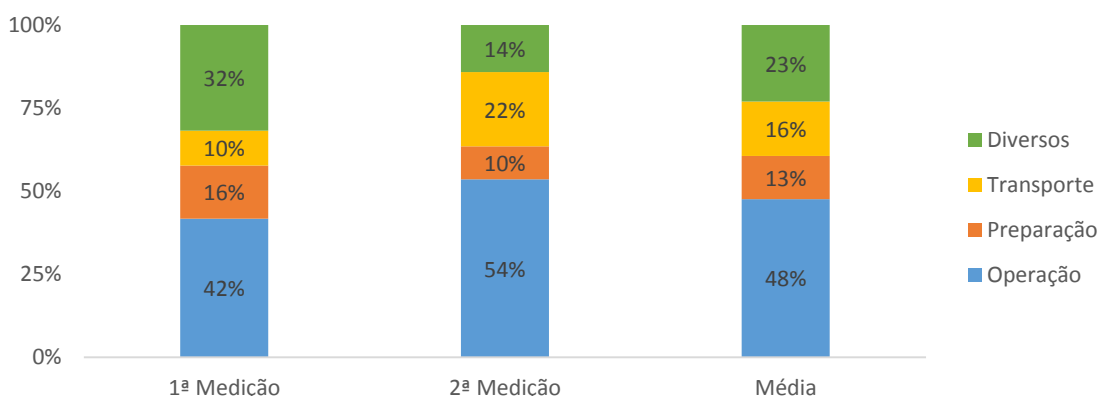


Figura 19 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos painéis

Na Figura 19, relativa à contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem dos painéis, verificamos um decréscimo significativo da categoria Diversos. De maneira a justificar a causa de uma diminuição tão acentuada, analisaram-se novamente os dados recolhidos, e apenas se concluiu que o colaborador foi mais eficiente no seu trabalho.

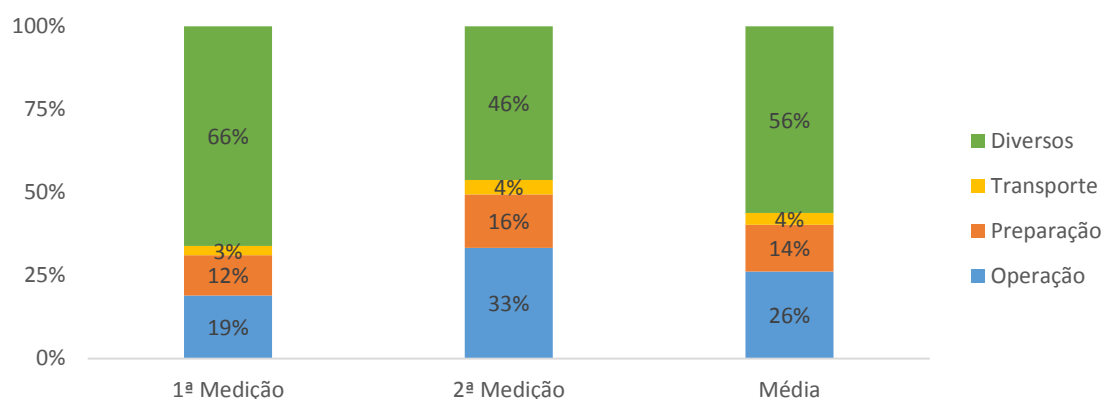


Figura 20 – Contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem do tejadilho

Na Figura 20, relativa à contribuição temporal de cada categoria na pré-montagem do tejadilho, verificamos um decréscimo acentuado dos tempos improdutivos. No entanto esse valor ainda é muito representativo. Na pré-montagem do tejadilho, verificaram-se muitos problemas de falta de material, refletindo-se em grandes percentagens de improdutividade. À medida que os autocarros foram chegando à fase final da produção e aquando dos testes de prova de água, verificaram-se infiltrações pelo tejadilho. Perante este problema foi necessário desenvolver novas soluções para a conceção do mesmo, levando a sucessivos atrasos no abastecimento de material.

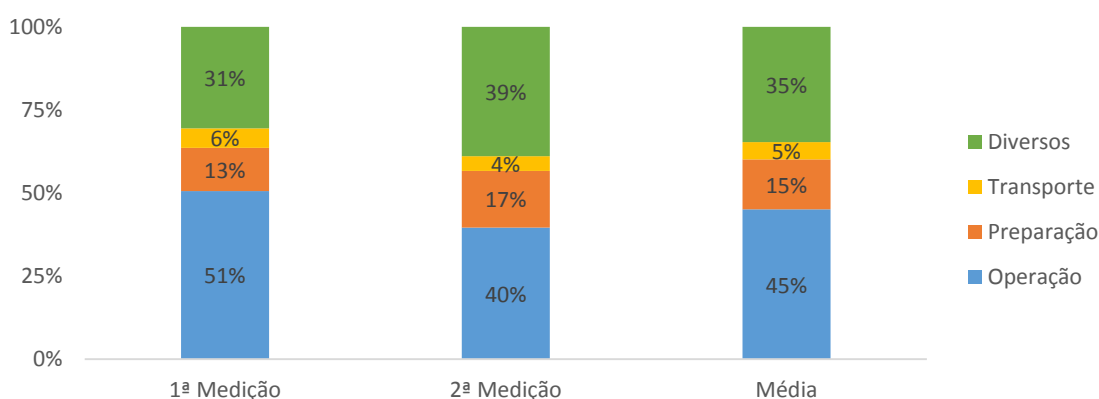


Figura 21 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 1

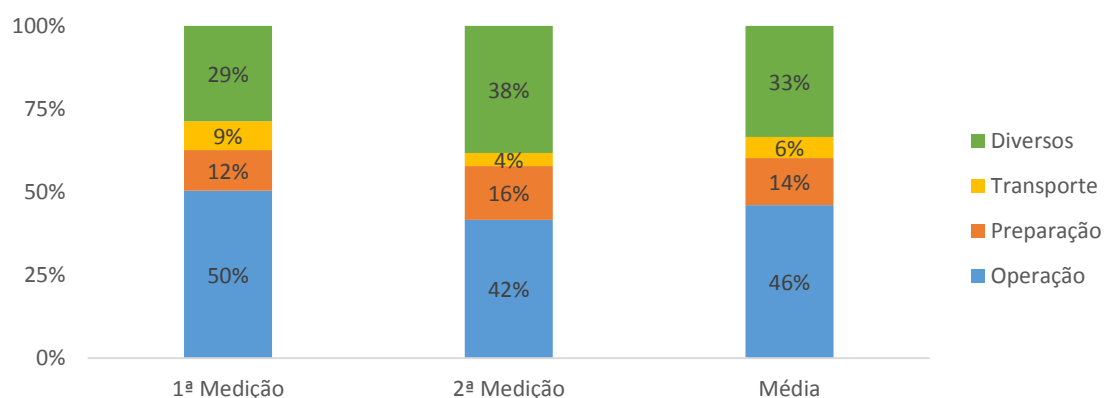


Figura 22 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 2



Pela Figura 21 e Figura 22, relativas à contribuição temporal de cada categoria nos postos 1 e 2, observa-se um comportamento semelhante em ambos os postos nas duas cronometragens. De uma maneira geral, face ao modelo anterior as tarefas destes dois postos mantiveram-se. No entanto, o acréscimo de tempos improdutivo está maioritariamente relacionado com a ocorrência das greves, sendo o posto 2 ainda afetado pelos atrasos verificados na execução do tejadilho.

Por último, da Figura 23 à Figura 25 estão representadas as contribuições temporais das várias categorias referentes aos postos 3, 4 e 5. Relativamente ao posto 3 (Figura 23) as diferenças entre as duas cronometragens são muito reduzidas. No entanto, os tempos improdutivo apresentam um peso de sensivelmente 50%, o que é muito significativo. Para além de atrasos no abastecimento de material, a falta de definição das tarefas a executar agravou ainda mais a situação. Por outro lado, nos postos 4 e 5 os mesmos problemas foram verificados, sendo mais uma vez possível identificar no posto 4 a discrepância entre as percentagens dos tempos improdutivo, justificada também pela dificuldade sentida aquando da recolha dos primeiros dados.

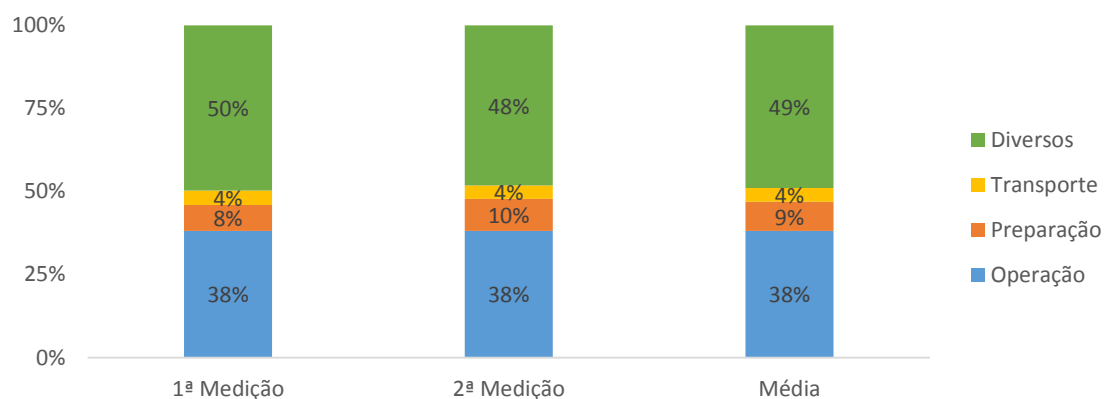


Figura 23 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 3

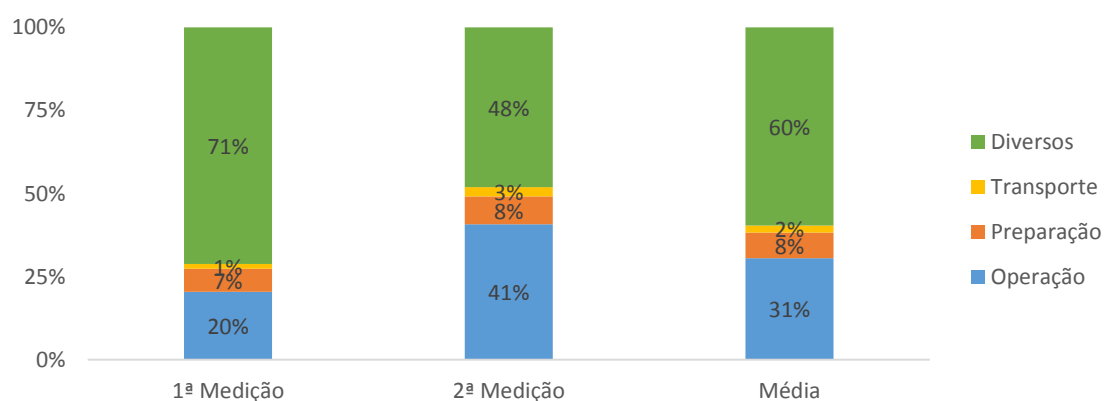


Figura 24 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 4

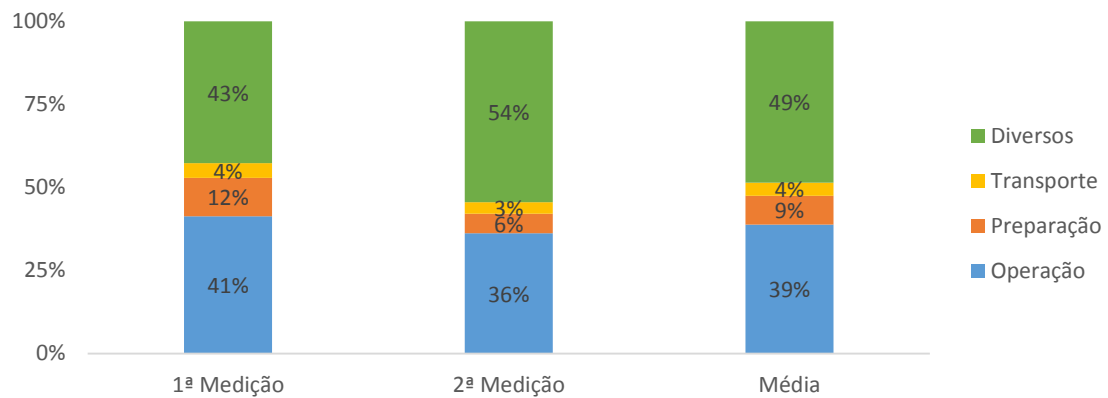


Figura 25 – Contribuição temporal de cada categoria no posto 5

A falta de material, a sua indefinição ao nível da engenharia e as não conformidades revelou ser o problema mais recorrente e severo quando comparado com as restantes dificuldades. Como consequência dessas falhas, ocorria-se sistematicamente em deslocações desnecessárias dos colaboradores obrigando-os a saltar tarefas para preencher os tempos de falta de material. No entanto, durante a duração deste projeto as alterações na definição dos materiais eram uma constante, exigindo um grande esforço logístico que, muitas das vezes, não conseguia ser correspondido atempadamente por parte dos fornecedores. Este problema foi sendo eliminado com o desenrolar do tempo, principalmente devido à maior definição do produto, verificando-se uma redução significativa nas falhas de abastecimento aquando da conclusão do projeto.

De forma a melhor representar a situação inicial foi elaborado, por posto de trabalho, a sequência dos tempos produtivos por colaborador, ou seja, retirando já os tempos improdutivos. Esta caracterização apenas servirá para demonstrar as constantes mudanças de tarefas efetuadas, revelando ainda a discrepância entre os tempos produtivos de colaboradores afetos ao mesmo posto de trabalho. Como já referido anteriormente, de uma maneira geral, a 2ª medição apresenta maior qualidade optando-se apenas por representar esse estado inicial. Tendo em consideração a produção semanal de 5 autocarros, estamos então na presença de um *takt* de 480 minutos, sendo este o limite de trabalho diário. No anexo B apresentam-se os *yamazumis* dos diferentes postos segundo os dados recolhidos na segunda cronometragem. É de notar que contrariamente ao mencionado na Tabela 1, no posto 5 trabalharam 10 e não 6 colaboradores. Esses 4 colaboradores a mais foram deslocados provisoriamente de outra linha de produção, na tentativa de minimizar os atrasos verificados, não estando afetos à linha de produção do Cobus.

## 4.5 Oportunidades de melhoria

### Montagem do para-brisas

A montagem da fibra da frente tem implicação no correto posicionamento do para-brisas. A verificação da conformidade da fibra é realizada por meio de um vidro requisitado para esse propósito. No entanto, aquando da cronometragem da montagem da frente em fibra verificou-se as más condições em que se encontrava o vidro requisitado (Figura 26). Para além das diversas fissuras observáveis, devido ao movimento constante dos colaboradores, do material na linha de produção e devido ao espaço reduzido para as movimentações, o risco de quebra era muito elevado. Por outro lado, para o posicionamento do vidro é, no mínimo, necessário 3 a 4 colaboradores pararem a realização das suas tarefas para auxiliarem na montagem da sua colocação.



Figura 26 – Vidro para-brisas, quebrado, utilizado como meio auxiliar de produção para o posicionamento da fibra

### Pré-Montagem do tejadilho

Na pré-montagem do tejadilho as tarefas iniciam-se com a preparação em banca das travessas e dos caixilhos de madeira destinados à montagem dos extratores de ar. As travessas são dispostas transversal e longitudinalmente formando a estrutura base do tejadilho (Figura 27). Já os caixilhos de madeira são colocados nos locais destinados à extração de ar. Paralelamente à preparação destes materiais, inicia-se o posicionamento e a preparação das sancas laterais e das sancas de remate. É de notar que as sancas aqui mencionadas são distintas das tampas interiores montadas no posto 5. Neste caso, no tejadilho, entende-se como sancas as estruturas laterais do mesmo.

Após a montagem dos materiais preparados em banca é efetuada, por meio de fixação com parafusos e rebites estanques (às travessas) e por meio de colagem, a aplicação do *pecolite* (*pecolite* corresponde ao nome do material que se coloca sobre a estrutura de base do tejadilho), assim como o processo de selagem. Para finalizar, é realizado o chapeamento e a colocação de espuma de polistireno (vulgo esferovite) na parte interior do tejadilho.

Uma das ineficiências verificadas nesta pré-montagem diz respeito à colagem do *pecolite*. Este material tem memória de forma, tendendo a ficar ondulado e aumentando a probabilidade de infiltrações pelas selagens.

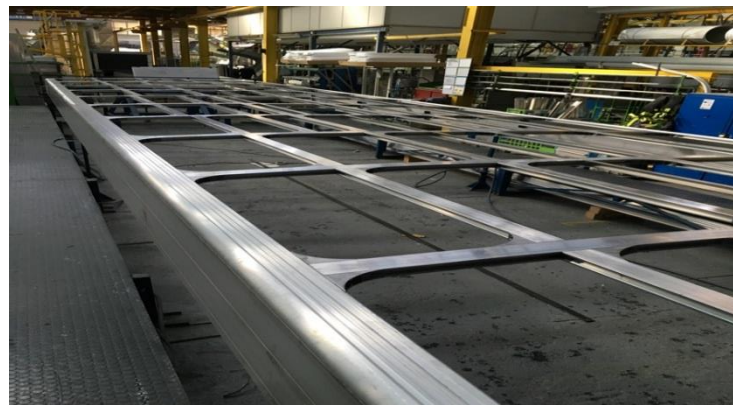


Figura 27 – Estrutura base do tejadilho

### **Tabuleiros das sancas interiores**

As sancas interiores funcionam como tampas que quando em conjunto com os tabuleiros de suporte constituem os locais superiores destinados ao armazenamento de instalações elétricas, pneumáticas e de aquecimento. Estas são constituídas por um fecho que quando preso ao tabuleiro não permite a abertura das sancas.

Enquanto que, por um lado, as sancas interiores são relativamente fáceis de aplicar, tendo apenas em consideração as folgas necessárias entre elas, a aplicação dos tabuleiros acarreta maiores dificuldades. Para a montagem desses tabuleiros (Figura 28) são necessárias duas pessoas para o transporte e, enquanto um colaborador executa a montagem outro necessita de suportar esses mesmos tabuleiros. Outro problema durante esta montagem está relacionado com as folgas necessárias entre as condutas e o tabuleiro, visto que se essas não forem garantidas, com o movimento do veículo poderá existir a possibilidade de abertura das sancas.



Figura 28 – Tabuleiro das sancas interiores já aplicado

### **Montagem da traseira em alumínio**

A preparação do material necessário para a montagem da traseira de alumínio é realizada no mesmo local da pré-montagem dos painéis. Estando essa pré-montagem executada, dá-se a montagem da traseira após a montagem dos painéis, durante a passagem do autocarro pelo posto 2. A estrutura da traseira é posicionada no local correto e fixada aos painéis e tejadilho. No entanto, antes da montagem dessa estrutura é necessário realizar dois cortes para permitir a fixação com os dois painéis (esquerdo e direito), sendo a realização desses cortes uma tarefa morosa devido à realização destes aquando da sua fixação. Na Figura 29 estão representados os cortes realizados no painel esquerdo para a colocação da traseira.



Figura 29 – Cortes realizados nos painéis para colocação da traseira

## 5 Apresentação de propostas e soluções

No capítulo anterior foi explicada e definida a situação inicial que funcionou como ponto de partida para a realização deste projeto. Ao longo deste capítulo serão apresentadas propostas de possíveis melhorias à linha de produção Cobus. Numa primeira fase, apresentar-se-á a normalização do processo produtivo, descrevendo-se os balanceamentos realizados para a secção de estruturas, assim como as premissas nas quais esses se baseiam. Seguidamente, são apresentadas várias oportunidades de melhoria tendo por base a redução ou eliminação do desperdício, a resolução de problemas construtivos e a melhoria das condições de trabalho.

Com a recolha e análise dos tempos e métodos usados na realização das tarefas da secção de estruturas, identificaram-se algumas oportunidades de melhoria. Como tal, elaboraram-se propostas para permitir eliminar esses problemas, sendo estas sustentadas pela redução do desperdício, pela normalização do trabalho e pela redução de *Muda*.

### 5.1 Balanceamentos da secção de estruturas

Numa linha de produção um fator fundamental para a organização das tarefas consiste no equilíbrio da carga horária entre os vários colaboradores, permitindo cumprir o tempo estipulado a cada um dos postos de trabalho. Com a realização de um balanceamento pretende-se distribuir a carga de trabalho pelos vários postos, ajustando-se a utilização dos recursos disponíveis às necessidades verificadas. No entanto, é necessário ter em consideração a atribuição de tarefas aos vários colaboradores e não a alteração da duração das tarefas. Recorrendo a este método, é possível minimizar eventuais desperdícios, reduzindo o tempo não produtivo dos colaboradores na realização das suas tarefas.

Por um lado, os balanceamentos que irão ser apresentados têm em consideração as tarefas para as quais são necessários dois ou mais colaboradores e, por outro, foram respeitadas todas as precedências existentes, garantindo a exequibilidade destes balanceamentos.

Tendo em consideração a grande quantidade de tarefas a executar e os vários colaboradores necessários por posto para cumprir com os *takt-time*, recorreu-se à utilização dos gráficos *yamazumi* e diagramas de *gantt* para tornar mais visual a simultaneidade das tarefas.

Em primeiro lugar, utilizando uma folha de cálculo, foram desenvolvidos os *yamazumi* para cada um dos diferentes postos, e só numa segunda fase os diagramas de *gantt*. Relativamente aos *yamazumis*, atribuiu-se o número de colaboradores necessários por posto ao eixo horizontal, sendo o eixo vertical definido como o tempo de trabalho dos diferentes colaboradores. Por outro lado, na realização dos diagramas de *gantt* definiu-se o eixo horizontal como a duração, em horas, da carga de trabalho dos diferentes colaboradores, ficando o eixo vertical destinado ao número necessário de pessoas e ao tempo de trabalho, em minutos, de cada uma delas. No entanto, é de notar que a forma de apresentação dos diagramas de *gantt* atrás mencionados, resulta de uma adaptação dos diagramas de *gantt* referidos no capítulo 2. Enquanto que originalmente se apresenta cada tarefa numa linha distinta (exigindo um diagrama por colaborador), com a adaptação efetuada obtém-se as tarefas de um colaborador na mesma linha. Essencialmente, com esta forma distinta de apresentação, os *yamazumi* e os *gantt*

apresentados são idênticos, tendo os segundos a vantagem de uma interpretação mais direta das tarefas (legenda diretamente na tarefa) e uma perspetiva mais macro da localização temporal (horas contrariamente aos primeiros que se classificam em termos de minutos).

Com a leitura dessas duas formas de apresentar a informação, e com a possibilidade de comparar as tarefas dos vários colaboradores no mesmo instante temporal, afere-se ainda a possibilidade de efetuar as operações garantindo o cumprimento das precedências, bem como a necessidade de várias pessoas realizarem determinadas tarefas simultaneamente.

No sentido de clarificar a interpretação destes dois tipos de diagramas, tenha-se em atenção o Anexo D. Na Figura D. 1 representa-se o gráfico *yamazumi* das montagens paralelas para uma produção de 6 autocarros por semana. Nessa figura observa-se que são necessários 5 colaboradores, sendo cada uma das barras de cores distintas uma tarefa diferente. Em cada uma dessas barras encontra-se representado um número, dizendo esse respeito ao tempo em minutos despendido pelo colaborador numa determinada tarefa. Observando-se o colaborador 4 e 5, fica evidente que estes trabalham na mesma macro tarefa que, por sua vez, inicia e termina no mesmo instante. A linha horizontal a preto refere-se ao tempo limite de trabalho associado a um determinado *takt-time*, no entanto, como será explicado mais à frente, esse limite não é coincidente com o *takt-time*. Por outro lado, na Figura D. 2 apresenta-se essencialmente a mesma informação de uma maneira distinta. A coluna colaborador indica quantos e quais os colaboradores a executar as tarefas à direita, já a coluna tempo total menciona o tempo de trabalho associado a cada um dos colaboradores. Para finalizar, a linha superior indica a localização temporal das tarefas, em horas, ao longo de um dia de trabalho.

### **Takt-time e premissas do balanceamento**

Das 8 horas de trabalho diário são realizadas determinadas assunções de maneira a tornar viável a aplicação dos balanceamentos realizados. Assim, à carga diária de trabalho são atribuídos aos colaboradores 15 minutos para pequeno-almoço e 30 minutos para necessidades pessoais, passando o tempo diário de trabalho para 7 horas e 15 minutos. Visto este desconto representar cerca de 10 % do total diário (irá assumir-se como 10%), a cada *takt-time* a considerar retira-se essa percentagem. Posto isto, e tendo em consideração o intuito de mudar, numa primeira fase, a produção para 6 autocarros por semana, *takt-time* de 6,67 horas (400 minutos), e futuramente para 7, *takt-time* de sensivelmente 5,715 h (343 minutos), aos *takts* totais desconta-se 10%, considerando-se apenas 360 e 309 minutos respetivamente.

### **Associação de macro tarefas aos postos**

Como ponto de partida para a realização dos balanceamentos, foi necessário estudar as precedências entre as tarefas e determinar as condições necessárias para assegurar o aumento da produção. Tendo em consideração o maior conhecimento do processo por parte dos colaboradores, a estes pediu-se auxílio para a determinação correta das tarefas a antecipar, conjugando-se essa informação com o observado durante as medições.

Assim, relativamente ao estado inicial, considerou-se como necessário as seguintes mudanças:

1. Antecipar a aplicação de blindagens na frente do autocarro, do posto 3 para o posto 2, permitindo iniciar a colocação da fibra da frente no veículo assim que mal comecem as tarefas do posto 3.
2. A tarefa de pré-montagem da estrutura de suporte das portas passa do posto 3 para o posto 4.
3. No posto 4 as tarefas de montagem dos cantos da frente em ABS e montagem da tampa de frente têm de ser realizadas em 2º turno, devido à impossibilidade de execução de



outras tarefas em simultâneo. É ainda necessário considerar a passagem da montagem da frente interior superior para o posto 5.

As mudanças necessárias de efetuar ao nível das precedências dão origem ao novo conjunto de macro tarefas associadas a cada posto, estando estas mencionadas no Anexo C.

### Cálculo do número mínimo de colaboradores por posto

Após a correta alocação das tarefas aos postos, partiu-se para o cálculo do número mínimo de colaboradores. Tendo em consideração a equação (5.1) foi possível chegar aos resultados obtidos na Tabela 14. Ao longo da coluna “Posto” são mencionados, como anteriormente, os diferentes postos existentes. Para cada um na coluna “Tempo produtivo” referencia-se o total do tempo produtivo em minutos. Considerando os dois *takt-times* para os balanceamentos e considerando a equação (4.1) foi determinado o número mínimo de colaboradores (colunas “Calculado”) tendo esse valor sido arredondado por excesso (colunas “Real”). Por último, ainda para cada um dos *takt-time*, indica-se o número de colaboradores a utilizar por posto (colunas “Após balanceamento”).

$$N^{\circ} \text{ de colaboradores} = \frac{\text{Tempo total das tarefas}}{0,9 * \text{takt}} \quad (5.1)$$

Tabela 14 – Número mínimo de colaboradores por posto de trabalho

Cobus 3002								
	Posto	Tempo produtivo (minutos)	Número mínimo de colaboradores					
			takt-time = 400 minutos			takt-time = 343 minutos		
			Calculado	Real	Após balanceamento	Calculado	Real	Após balanceamento
Estruturas	Paralelas	1712	4,76	5	5	5,54	6	6
	Posto 1	1210	3,36	4	4	3,92	4	4
	Posto 2	1436	3,99	4	5	4,65	5	5
	Posto 3	2744	7,62	8	10	8,88	9	10
	Posto 4	3080	8,56	9	11	9,97	10	11
	Posto 5	2140	5,94	6	8	6,63	7	8
	Mecânicos	586	1,63	2	2	1,90	2	2
Total	—	12908	35,96	38	45	41,89	43	46

Devido às precedências das tarefas e tendo em consideração as suas durações, denota-se uma grande dificuldade em minimizar o número de colaboradores necessários para além do conseguido. No entanto, é notório que para passar de um *takt* 400 minutos para um *takt* de 343 minutos apenas é necessário acrescentar 1 colaborador às montagens paralelas. Por outro lado, nos postos em que não é necessário realizar qualquer alteração, será evidente a menor folga para o limite de trabalho (90% do valor do *takt*).

### Resultados dos balanceamentos realizados

Numa fase inicial deste projeto tinha-se como objetivo a realização de balanceamento à totalidade da linha de produção do Cobus. No entanto, devido aos obstáculos já mencionados nos capítulos anteriores, e tendo em consideração qual a secção mais crítica, optou-se por cingir o projeto à secção de estruturas.

Pela observação dos diagramas de *gantt* e *yamazumis* presentes no Anexo D e no Anexo E, constata-se conjuntos de tarefas, por colaborador, bem definidas. De maneira a assegurar o

cumprimento destas, foi criado para cada um dos colaboradores uma folha de tarefas (45 para um *takt* de 400 minutos e 46 para um *takt* de 343 minutos), certificando-se que cada um sabe exatamente o que tem de realizar. Essas folhas de tarefas foram elaboradas tendo em consideração todos os passos (micro tarefas) associados a cada uma das macro tarefas. Um exemplo de uma folha de tarefas encontra-se representado no Anexo F. Essa folha diz respeito às tarefas a serem realizadas pelo colaborador 7 do posto 4. É de notar que comparando os dois balanceamentos efetuados, apenas o posto “Paralelas” sofre alterações, sendo as tarefas a realizar dos restantes postos idênticas por colaborador.

Na Tabela 15 estão representados os resultados dos balanceamentos, fazendo-se uma comparação com o estado inicial. Do lado esquerdo da tabela encontram-se três grupos distintos. O estado inicial é referenciado no grupo “Estado inicial 5 veículos por semana”, os dados relativos ao balanceamento para 6 veículos por semana são indicados no grupo “Balanceamento 6 veículos por semana” e, por último, os dados relativos ao balanceamento para 7 veículos por semana são indicados no grupo “Balanceamento 7 veículos por semana”. Cada um desses grupos está dividido por posto de trabalho, indicando-se na coluna “Nº de colaboradores” os colaboradores por posto. Seguindo o mesmo raciocínio da Tabela 14, o tempo produtivo de cada posto é indicado na coluna “Tempo produtivo” e, por outro lado, na coluna “Tempo imputado” está representado o tempo real imputado a cada posto, sendo esse valor um múltiplo do *takt-time*. Ainda para cada um dos grupos apresenta-se na coluna “Produtividade” a produtividade por posto de trabalho (“Posto”) e da secção (“Secção”). Por último, para os dados dos dois balanceamentos, na coluna “Ganhos de produtividade” representam-se os dados de produtividade por posto (“Posto”) e por secção (“Secção”) em relação ao estado inicial.

Tabela 15 – Representação dos resultados do balanceamento e dos ganhos obtidos

Cobus 3002								
	Postos	Nº de colaboradores	Tempo produtivo (min)	Tempo Imputado (min)	Produtividade		Ganhos de Produtividade	
					Posto	Secção	Posto	Secção
Estado inicial 5 veículos por semana ( <i>takt</i> de 480 min)	Paralelas	6	1712	2880	66,05%	67,9%	-	-
	Posto 1	4	1210	1920	70,02%		-	
	Posto 2	4	1223	1920	70,78%		-	
	Posto 3	12	3065	5760	59,12%		-	
	Posto 4	9	3243	4320	83,41%		-	
	Posto 5	6	1869	2880	72,11%		-	
	Mecânicos	3	586	1440	45,22%		-	
	<b>Total</b>	44	12908	21120 (352h)	-	-	-	-
Balanceamento 6 veículos por semana ( <i>takt</i> de 400 min)	Paralelas	5	1712	2000	95,11%	79,7%	44,00%	17,3%
	Posto 1	4	1210	1600	84,03%		20,00%	
	Posto 2	5	1436	2000	79,78%		12,72%	
	Posto 3	10	2744	4000	76,22%		28,92%	
	Posto 4	11	3080	4400	77,78%		-6,75%	
	Posto 5	8	2140	3200	74,31%		3,05%	
	Mecânicos	2	586	800	81,39%		80,00%	
	<b>Total</b>	45	12908	18000 (300h)	-	-	-	-
Balanceamento 7 veículos por semana ( <i>takt</i> de 343 min)	Paralelas	6	1712	2058	92,34%	90,8%	39,81%	33,7%
	Posto 1	4	1210	1372	97,90%		39,81%	
	Posto 2	5	1436	1715	92,94%		31,32%	
	Posto 3	10	2744	3430	88,80%		50,20%	
	Posto 4	11	3080	3773	90,61%		8,64%	
	Posto 5	8	2140	2744	86,57%		20,06%	
	Mecânicos	2	586	686	94,82%		109,71%	
	<b>Total</b>	46	12908	15778 (263h)	-	-	-	-



Para cada uma das secções o tempo real a imputar é calculado multiplicando o número de pessoas pelo *takt* usado. Já a produtividade é calculada através do quociente entre o tempo produtivo (seja do posto ou secção) e o tempo de trabalho definido para os colaboradores, ou seja, 90% do *takt* usado.

Conforme é possível observar na Tabela 15, os ganhos obtidos em produtividade são bastante consideráveis, passando-se de uma produtividade (na secção) de 67,9% para 79,7% e 90,8%, ou seja, um aumento de 17,3% e 33,7% respetivamente. Realça-se que o posto 4 para 6 veículos por semana sofre uma perda de produtividade em relação à situação inicial mas, globalmente, a secção aumenta de produtividade.

Para cada um dos balanceamentos realizados, foi possível ficar abaixo das horas objetivo atribuídas (337 horas). Por um lado, para um *takt* de 400 minutos a diferença para as horas objetivo é de 37 horas (337h -300h), enquanto que para um *takt* de 343 minutos a diferença é de 74 horas (337h-263h).

Por último, comparando o número de colaboradores do estado inicial para os dois balanceamentos realizados, pode-se concluir recorrendo apenas à observação da Tabela 15 que, se fosse realizado um balanceamento para 5 veículos por semana, seria possível retirar no mínimo 2 colaboradores, ficando a secção a funcionar com 42 colaboradores. Essa conclusão é fácil de retirar pela comparação entre o estado inicial e o balanceamento para 6 veículos por semana, dos postos “Paralelas” e “Mecânicos”, visto terem o mesmo tempo produtivo. Por outro lado, com a realização de um balanceamento para 5 veículos por semana provavelmente seria possível retirar mais do que 2 colaboradores à secção de estruturas.

## 5.2 Propostas de melhoria

### Montagem do para-brisas

Como forma de eliminar as ineficiências identificadas no capítulo 4.5, foi proposto o desenvolvimento de um meio auxiliar de produção que permitisse o seu manuseamento apenas por uma pessoa, aumentasse a segurança e as condições de trabalho e, ao mesmo tempo, a qualidade na aplicação. Assim criou-se um molde da superfície exterior do vidro. Esse molde foi desenvolvido com manta de fibra de vidro e resina. Para simular a espessura de cola a utilizar foram colocados reforços para aplicar batentes. Para além disso, devido à fragilidade da fibra, esta foi reforçada com barras para atenuar a cedência à utilização. Por último, foi colocado um gancho no topo da estrutura, criando a possibilidade de apenas uma pessoa transportar o meio auxiliar de produção recorrendo a uma ponte rolante, e colocaram-se grampos para permitir a fixação do meio auxiliar de produção. Na Figura 30 é possível verificar o novo meio auxiliar de produção já em utilização. Com a criação deste novo meio auxiliar de produção foi possível aumentar as condições de trabalho e, simultaneamente, reduzir o tempo da operação em 30 minutos.



Figura 30 – Meio auxiliar de produção do para-brisas para correto posicionamento da fibra

### Pré-Montagem do tejadilho

Na primeira série, aquando dos testes de qualidade, ocorreu um problema em algumas unidades à saída da linha de produção. A realização do teste de prova de água mostrou a existência de infiltrações pelas selagens do tejadilho.

Foi realizado um estudo do problema e descobriu-se que a origem das infiltrações estaria relacionada com a selagem do *pecolite*. Sendo o *pecolite* um material com memória de forma, tendia a voltar à sua forma original (enrolado), o que fazia com que este ondulasse, criando fissuras na cola. Assim, foi necessário criar uma solução para a fixação eficiente do *pecolite*. Como tal, foi proposto a utilização de perfis de alumínio realizando-se a fixação por meio de rebites estanques, incluindo na montagem, ainda a selagem e não só a fixação mecânica. Na Figura 31 verifica-se o posicionamento dos rebites para posterior fixação.

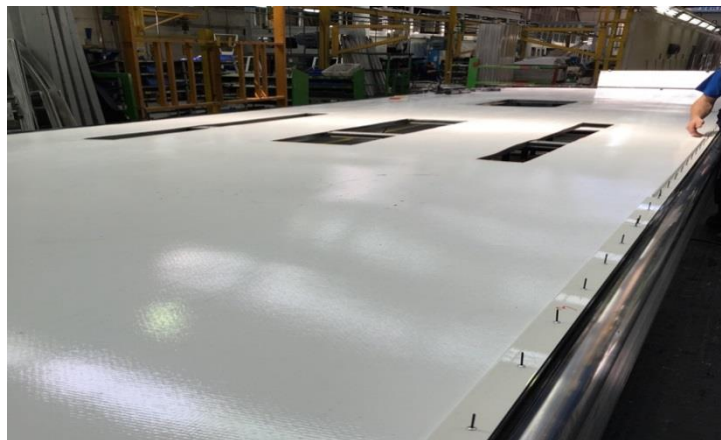


Figura 31 – Posicionamento dos rebites para fixação dos perfis de alumínio

### Tabuleiros das sancas interiores

Com o objetivo de garantir uma correta montagem dos tabuleiros de alumínio, de forma a:

1. Uniformizar as folgas entre a sanca de ABS e o tabuleiro de remate, em ambos os lados (esquerdo e direito);
2. Existir um correto alinhamento da fibra traseira interior com os tabuleiros de alumínio;
3. Existir uma adequada sobreposição do fecho da sanca de ABS na aba do perfil de remate;

Criaram-se dois meios auxiliares de produção iguais para garantir o correto posicionamento. Na Figura 32 está apresentado um dos dois meios auxiliares de produção criados. Esses meios auxiliares de produção permitem suportar os tabuleiros aquando da sua montagem, eliminando-se a necessidade de um colaborador suportar o tabuleiro durante a aplicação.

Com a utilização destes dois meios auxiliares de produção obteve-se uma redução nessa tarefa de aproximadamente 2 horas.



Figura 32 – Meio auxiliar de produção para o correto posicionamento dos tabuleiros das sancas

### Montagem da traseira de alumínio

Tendo em consideração os cortes necessários nos dois últimos painéis traseiros, sendo necessário efetuar marcações e recorrer a escadotes, foi estudada a possibilidade de antecipar essa mesma tarefa. Aquando da passagem dos dados recolhidos para formato digital, evidenciou-se que os movimentos constantes para a execução dessa tarefa representavam cerca de 25 minutos. Visto que a preparação dos painéis é realizada em banca e num posto paralelo, foi proposto a transferência desta operação do posto 2 para o posto de pré-montagem dos painéis, permitindo reduzir o tempo em cerca de 25 minutos. Esta proposta já foi aprovada, não tendo ainda sido testada.

### 5.3 Considerações finais

Considerando os objetivos propostos no primeiro capítulo, e tendo em atenção as soluções propostas para os problemas identificados, revela-se necessário determinar em que medida esses objetivos foram alcançados. No entanto, convém relembrar que parte das propostas atrás mencionadas ainda não foram implementadas, sendo necessário um acompanhamento da sua implementação.

Recapitulando os objetivos propostos, estes podem ser organizados em três grupos complementares. Em primeiro lugar, podemos considerar a realização dos balanceamentos sendo estes apoiados pela construção de folhas de tarefas para cada um dos colaboradores. Em segundo lugar, propôs-se também uma determinação de possíveis melhorias à produção. E por último, sendo este apoiado nos atrás referidos, a redução do tempo de produção.

De uma maneira geral, todos os objetivos foram alcançados. Foram realizados os balanceamentos à secção de estruturas para 6 e 7 autocarros por semana, tendo-se ainda idealizado as folhas de tarefas que servem de apoio ao cumprimento destes. Com estes balanceamentos, será possível ficar 37 horas e 74 horas abaixo do objetivo, respetivamente. Será ainda possível um ganho de produtividade de 17,3% e 33,7% comparativamente à situação inicial. Relativamente às melhorias, também esse objetivo foi alcançado, traduzindo-se estas num aumento da segurança, da qualidade, e na redução do tempo de trabalho (cerca de 3 horas).

Para finalizar, é importante referir que com a implementação das propostas mencionadas neste capítulo a empresa pode redefinir os seus objetivos.

## 6 Conclusões e trabalhos futuros

Este capítulo tem como função concluir e finalizar a dissertação realizada. Como tal, apresentam-se as principais conclusões retiradas deste caso de estudo, fazendo-se uma comparação dos resultados obtidos, com os objetivos propostos a atingir. Por último, é proposta a realização de trabalhos futuros que permitam dar continuidade ao trabalho realizado.

### 6.1 Conclusões

Tendo em consideração as mudanças no modelo Cobus 3002, quando comparado com o modelo anterior, foi necessário reorganizar os métodos de trabalho dos colaboradores, diminuindo o tempo de operação, e consequentemente os custos associados, e aumentando ainda a produtividade da secção.

A atualização das macro tarefas realizadas, permitiu um maior entendimento de todo o processo produtivo associado à secção de estruturas. Também com o posterior estudo dos dados recolhidos, aquando das duas medições, foi possível consolidar o entendimento de todo o processo, criando-se condições para a identificação e quantificação dos principais focos de desperdício.

Durante o período de realização deste trabalho na empresa CaetanoBus, apenas foi possível acompanhar parte da implementação do balanceamento para 6 autocarros por semana. No entanto, é necessário ter em consideração que a entrada em vigor desse balanceamento será um processo demorado, exigindo uma profunda mudança nos hábitos de trabalho de todos os colaboradores. Esta implementação quando finalizada irá provocar um aumento da produtividade nos postos de trabalho, contribuindo para a redução dos tempos de fabrico. Como determinado, será possível reduzir os tempos de produção ficando-se 37 horas abaixo do tempo objetivo e traduzindo-se numa diferença de 52 horas (352 h - 300 h) para o estado inicial. Por outro lado, na sua totalidade e considerando as alterações associadas a esse balanceamento, será possível atingir um ganho de produtividade de 17,3% relativamente à situação inicial, obtendo-se uma produtividade de 79,7% na secção de estruturas. Com a passagem de 6 para 7 autocarros por semana, e com a implementação do novo balanceamento para a nova produção semanal, será possível atingir resultados ainda mais benéficos. Relativamente à situação inicial o ganho será de 89 horas (352 h – 263 h) ficando-se cerca de 74 horas abaixo do tempo objetivo. De outro modo, os possíveis ganhos em produtividade serão de 33,7% em relação à situação inicial.

Considerando as melhorias propostas, estas traduziram-se num ganho de aproximadamente 3 horas, para além dos benefícios em segurança e de qualidade também conseguidos. Apesar destas melhorias não se traduzirem num número múltiplo dos *takt* utilizados, com aumento de produção para 6 e 7 autocarros por semana, essa redução revela-se importante quando considerada a redução dos *takt*.

Todas as propostas de melhoria, assim como os balanceamentos, só terão os resultados esperados quando todas as pessoas que integram a organização se demonstrarem recetivas à sua implementação, contrariando a resistência à mudança. Desta forma, a organização deve continuar a trabalhar no sentido de alcançar os objetivos pretendidos.

## **6.2 Trabalhos futuros**

De maneira a obter dados reais relativamente a todas as propostas mencionadas na realização deste trabalho, será indispensável um prolongamento do projeto. O acompanhamento da implementação dos balanceamentos e do cumprimento, por parte dos colaboradores, das folhas de tarefas permitirá perceber novos pontos de melhoria.

Após a implementação das propostas mencionadas e de uma nova recolha de dados, será de grande importância, aquando da passagem dos novos dados recolhidos para formato digital, classificar os tempos não só como de operação, preparação, transporte e diversos, mas também como inspeção e armazenagem, eliminando as considerações feitas neste trabalho a esse respeito. Por conseguinte, e associado ao atrás referido, chama-se à atenção que no futuro e com o devido acompanhamento, a implementação do conceito SMED poderá trazer resultados benéficos, contribuindo para a diminuição dos tempos de preparação.

Por último, e com base no observado durante a execução deste trabalho, sugere-se a tentativa de uma futura implementação de FMEA na produção, permitindo um melhor planeamento e estruturação na resolução dos problemas.

## Referências

- Assis, Rui. 2010. Balanceamento de uma Linha de Produção.
- Bahrami, Mahdi, Danial Hadizadeh Bazzaz e S Mojtaba Sajjadi. 2012. "Innovation and improvements in project implementation and management; using FMEA technique". *Procedia-Social and Behavioral Sciences* no. 41:418-425.
- Caetano, Grupo Salvador. 2016. Acedido a 2/03/2016. <http://www.gruposalvadorcaetano.pt>.
- CaetanoBus. 2016. <http://www.caetanobus.pt>.
- Carravilla, Maria Antónia. 1998. "Layouts: Balanceamento de Linhas". MS, Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto.
- Chase, Richard B., F. Robert Jacobs e Nicholas J. Aquilano. 2006. *Operations Management for Competitive Advantage*. McGraw-Hill/Irwin.
- Clark, Kim B e Takahiro Fujimoto. 1991. *Product development performance: Strategy, organization, and management in the world auto industry*. Harvard Business Press.
- Coimbra, Euclides A. 2013. *Kaizen in Logistics and Supply Chains*. McGraw-Hill Education.
- Gopal, Anandasivam, Manu Goyal, Serguei Netessine e Matthew Reindorp. 2013. "The impact of new product introduction on plant productivity in the North American automotive industry". *Management Science* no. 59 (10):2217-2236.
- Hendricks, Kevin B e Vinod R Singhal. 1997. "Delays in new product introductions and the market value of the firm: The consequences of being late to the market". *Management Science* no. 43 (4):422-436.
- Jacobs, F Robert e Richard B Chase. 2013. *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill Education.
- Liker, Jeffrey e Thomas Y. Choi. 2004. "Building Deep Supplier Relationships". *Harvard business review*.
- Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Taylor & Francis.
- Osada, Takashi. 1991. *The 5S's: five keys to a total quality environment*. Asian Productivity Organization.
- Pinto, João Paulo. 2009. "Pensamento Lean: A filosofia das organizações vencedoras". *Lidel: Lisboa*.
- PRONACI, Manual Pedagógico. 2003. "Métodos e Tempos". *Associação Empresarial de Portugal*.
- Roldão, Victor e J. Silva Ribeiro. 2007. "Gestão das Operações: Uma abordagem integrada". *Editora Monitor, Lisboa*.
- Shingo, Shigeo e Andrew P Dillon. 1989. *A study of the Toyota production system: From an Industrial Engineering Viewpoint*. CRC Press.
- Sousa, António Freitas de. 2012. "Como o Grupo Salvador Caetano se reinventa há 5 décadas". Acedido a 03/03/2016. [http://economico.sapo.pt/noticias/como-o-grupo-salvador-caetano-se-reinventa-ha-cinco-decadas\\_149990.html](http://economico.sapo.pt/noticias/como-o-grupo-salvador-caetano-se-reinventa-ha-cinco-decadas_149990.html).
- Sugimori, Y., K. Kusunoki, F. Cho e S. Uchikawa. 1977. "Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system". *International Journal of Production Research* no. 15 (6):553-564.
- Takeda, Hitoshi. 2006. *The synchronized production system: going beyond just-in-time through Kaizen*. Kogan Page Publishers.
- Womack, James P., Daniel T. Jones e Daniel Roos. 1990. *The Machine That Changed the World*. London: Simon & Schuster UK.



## Anexo B: Situação inicial dos diferentes postos segundo os dados recolhidos na 2ª medição

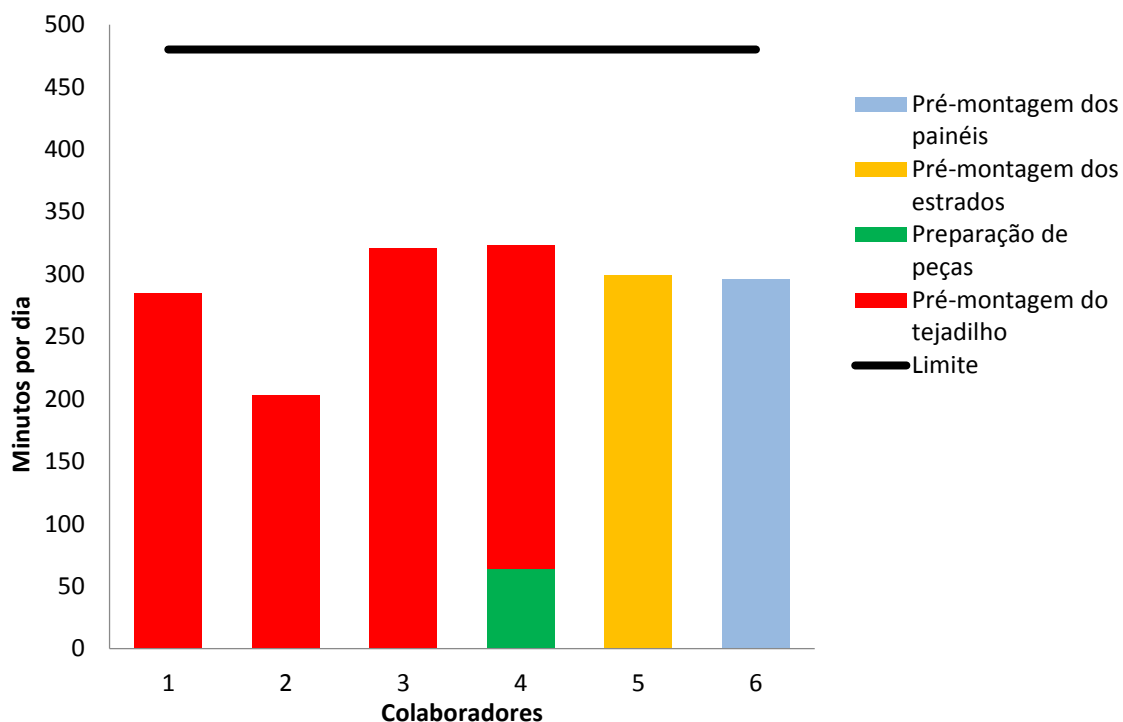


Figura B. 1 – Yamazumi da situação inicial das montagens paralelas

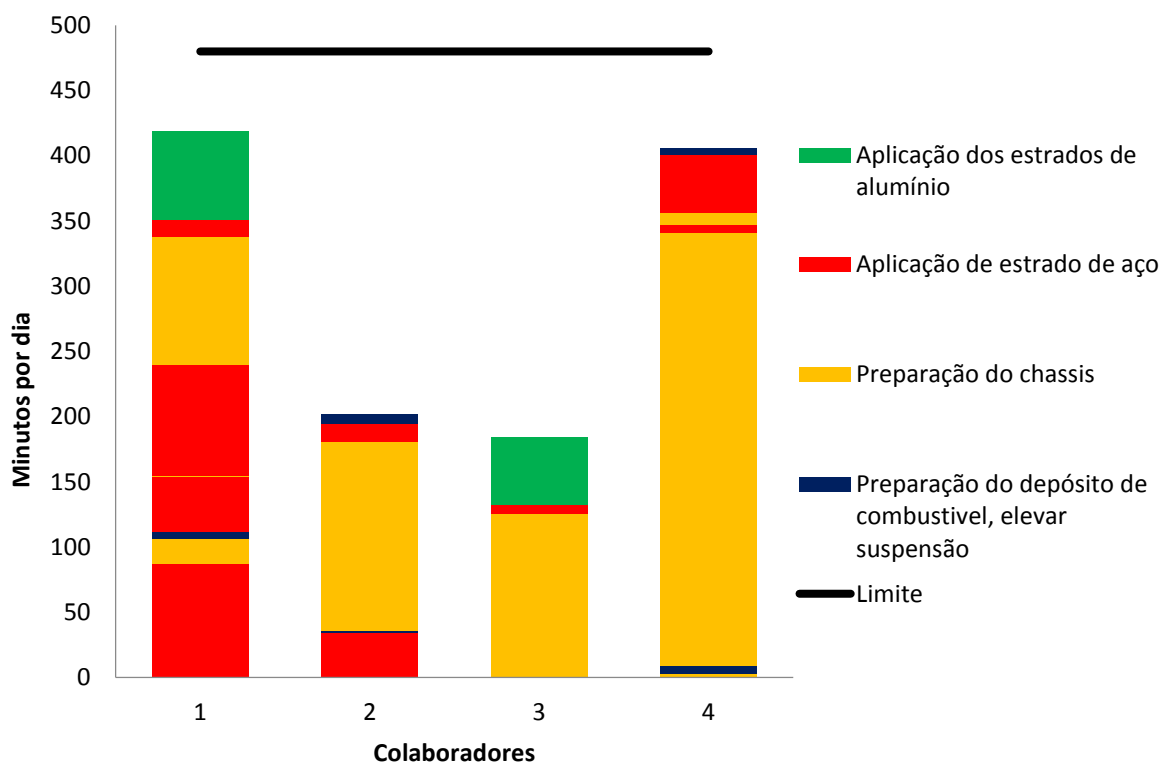


Figura B. 2 – Yamazumi da situação inicial do posto 1



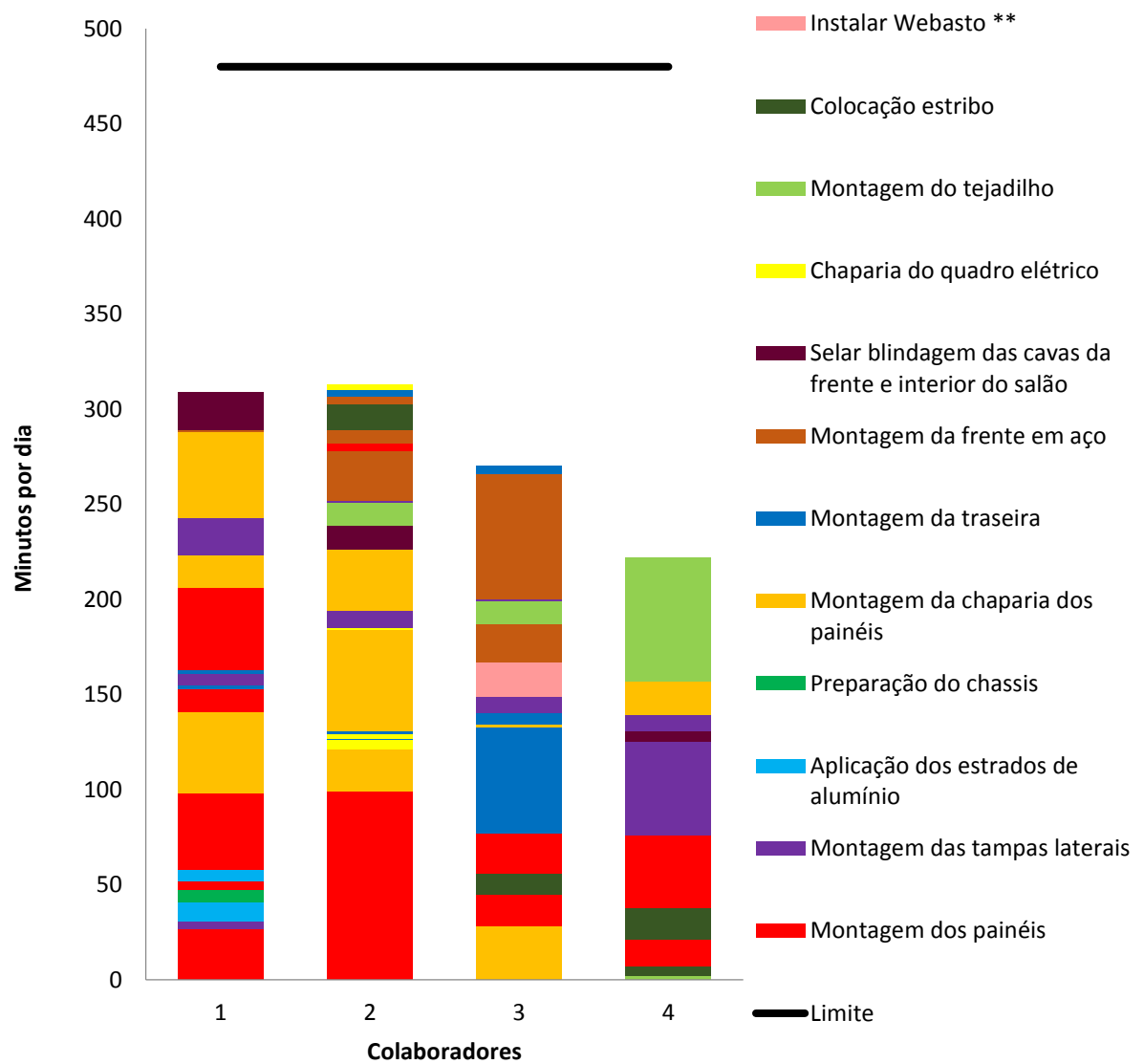


Figura B. 3 – Yamazumi da situação inicial do posto 2

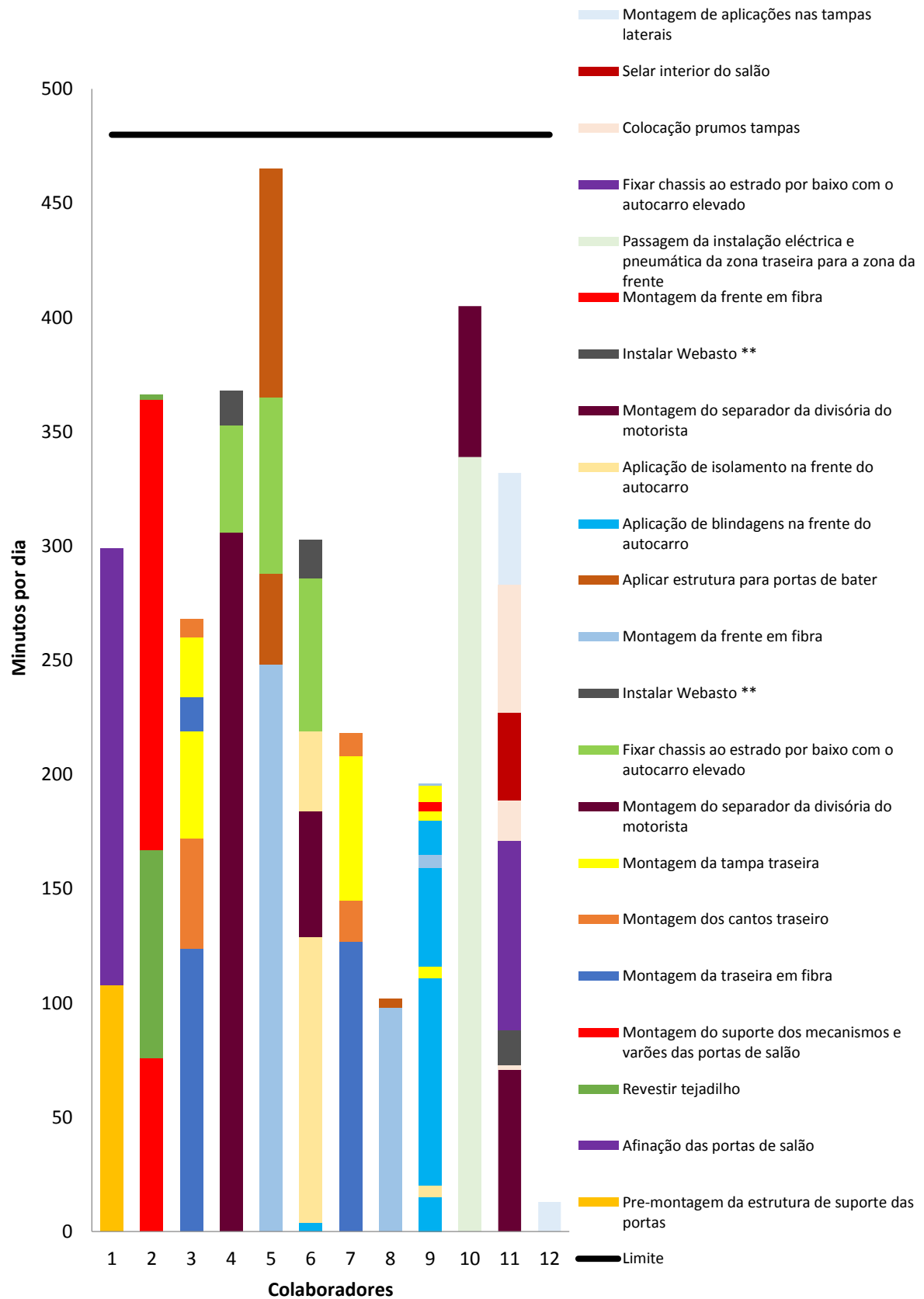


Figura B. 4 – Yamazumi da situação inicial do posto 3

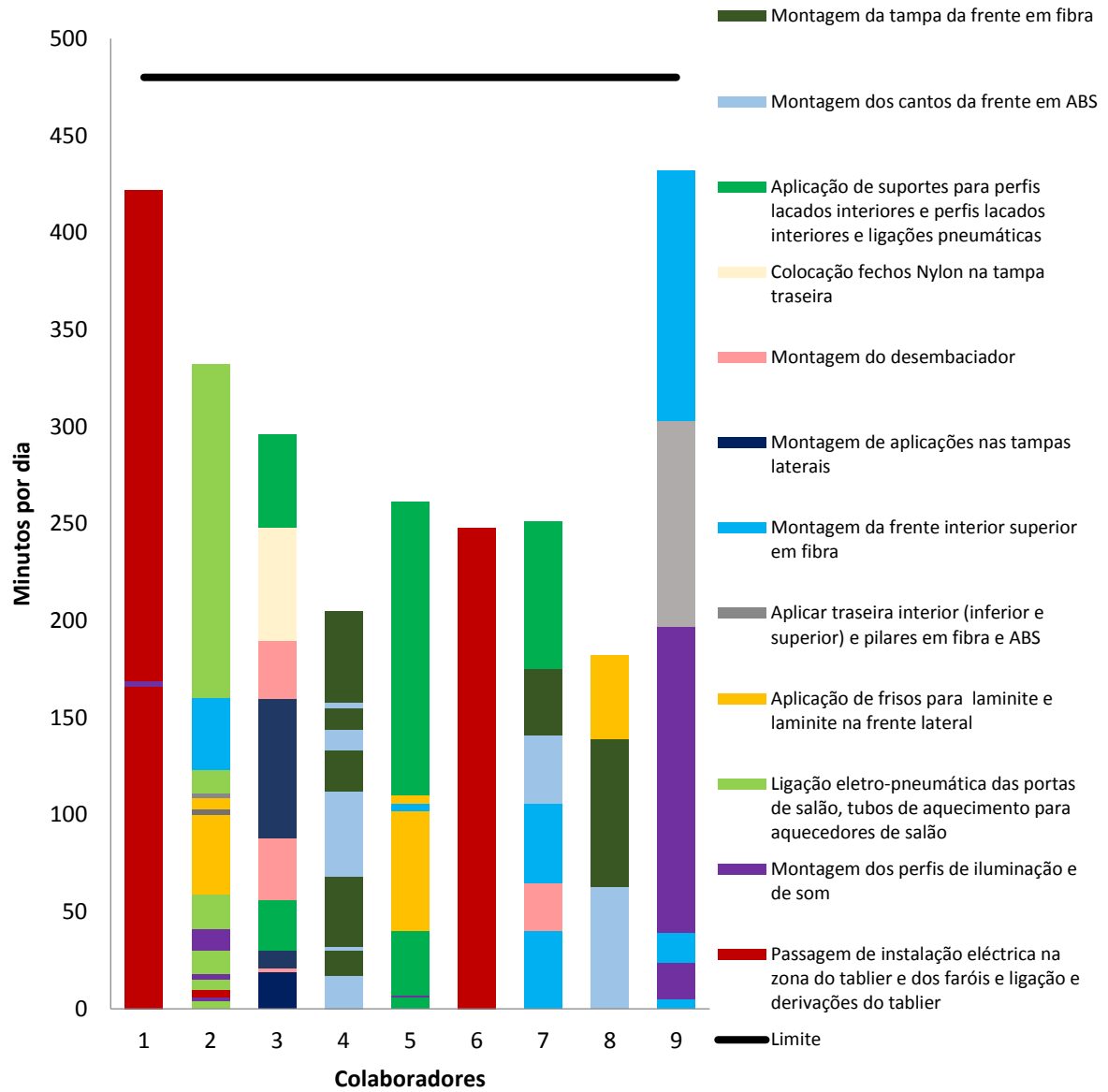


Figura B. 5 – *Yamazumi* da situação inicial do posto 4

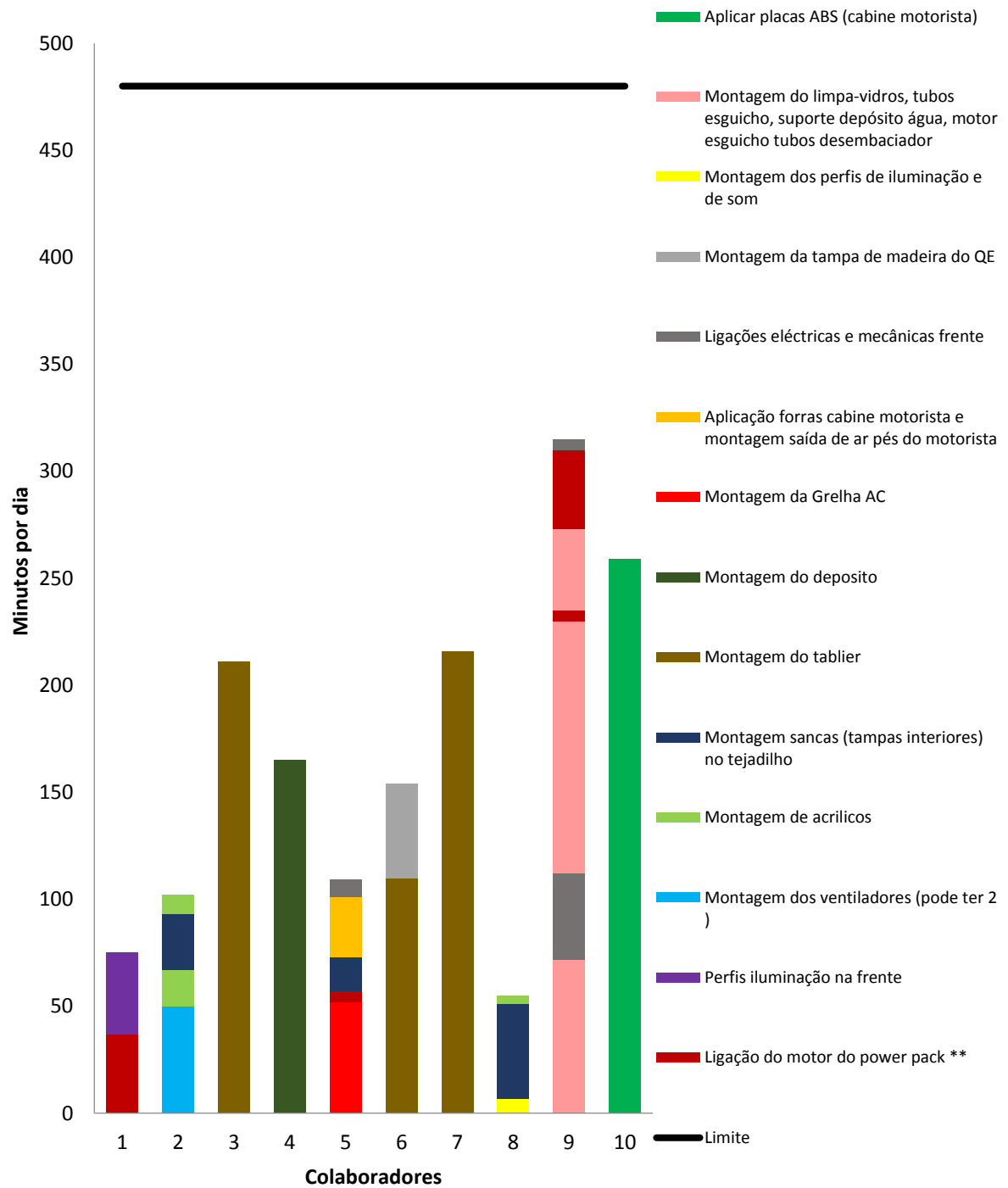


Figura B. 6 – Yamazumi da situação inicial do posto 5

## Anexo C: Macro tarefas atribuídas aos diferentes postos aquando da realização dos balanceamentos

Tabela 16 – Macro tarefas a realizar nas montagens paralelas

Macros	
Paralelas	
1	Pré-montagem dos estrados de alumínio
2	Pré-montagem dos painéis
3	Pré-montagem do tejadilho
4	Preparação peças do tejadilho
5	Preparação de peças dos painéis

Tabela 17 – Macro tarefas a realizar no posto 1

Macros	
Posto 1	
1	Preparação do chassis
2	Aplicação do estrado de aço
3	Aplicação dos estrados de alumínio

Tabela 18 – Macro tarefas a realizar no posto 2

Macros	
Posto 2	
1	Montagem dos painéis
2	Montagem do tejadilho
3	Montagem da frente em aço
4	Montagem das tampas laterais
5	Selar blindagem das cavas da frente e interior salão
6	Montagem da chaparia dos painéis
7	Chaparia do quadro elétrico
8	Montagem da traseira
9	Colocação do estribo
10	Aplicação de blindagens na frente do autocarro

Tabela 19 – Macro tarefas a realizar no posto 3

Macros	
Posto 3	
1	Passagem da instalação elétrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente
2	Montagem do separador da divisória do motorista
3	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas do salão
4	Montagem da traseira em fibra
5	Montagem da frente em fibra
6	Preparação dos braços, mecanismos, bases e varões das portas do salão
7	Montagem da tampa traseira
8	Montagem dos cantos traseiros
9	Aplicação de isolamento na frente do autocarro
10	Aplicar estrutura para portas de bater
11	Preparar fibra traseira para aplicação de faróis
12	Revestir tejadilho

Tabela 20 – Macro tarefas a realizar no posto 4

Macros	
Posto 4	
1	Fixar chassis ao estrado por baixo com o autocarro elevado
2	Afinação das portas do salão
3	Montagem dos perfis de iluminação e de som
4	Montagem dos cantos da frente em ABS
5	Montagem da tampa da frente em fibra
6	Pré-montagem da estrutura de suporte das portas
7	Ligação electropneumática das portas do salão, tubos de aquecimento para aquecedores de salão
8	Aplicar traseira interior (inferior e superior) e pilares em fibra ABS
9	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas
10	Passagem de instalação elétrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier
11	Montagem de aplicações nas tampas laterais
12	Aplicação de frisos para laminite e laminite na frente lateral
13	Montagem do desembaciador
14	Montagem da tampa de madeira do quadro elétrico
15	Selar interior do salão
16	Colocação de prumos nas tampas laterais
17	Instalar Webasto
18	Colocação fechos de nylon na tampa traseira

Tabela 21 – Macro tarefas a realizar no posto 5

Macros	
Posto 5	
1	Montagem do limpa-vidros, tubos esguicho, suporte depósito água, motor esguicho e tubos do desembaciador
2	Montagem sancas (tampas interiores) no tejadilho
3	Montagem do tablier
4	Ligações elétricas e mecânicas na frente
5	Perfis de iluminação na cabine motorista
6	Aplicar forras centrais tejadilho (salão)
7	Aplicação de placas e remates de laminite (salão)
8	Aplicação de napas
9	Aplicar placas de ABS (cabine motorista)
10	Ligação do motor power-pack
11	Montagem dos ventiladores
12	Montagem dos acrílicos
13	Montagem da grelha do AC
14	Aplicação de forras cabine motorista e montagem saída de ar (pés motorista)
15	Montagem da frente interior superior em fibra

Tabela 22 – Macro tarefas a realizar pelos mecânicos

Macros	
Mecânicos	
1	Montagem do quadro de válvulas
2	Montagem do depósito
3	Preparação para montagem do AC
4	Montagem do AC

## Anexo D: Balanceamento dos postos de trabalho (6 autocarros por semana)

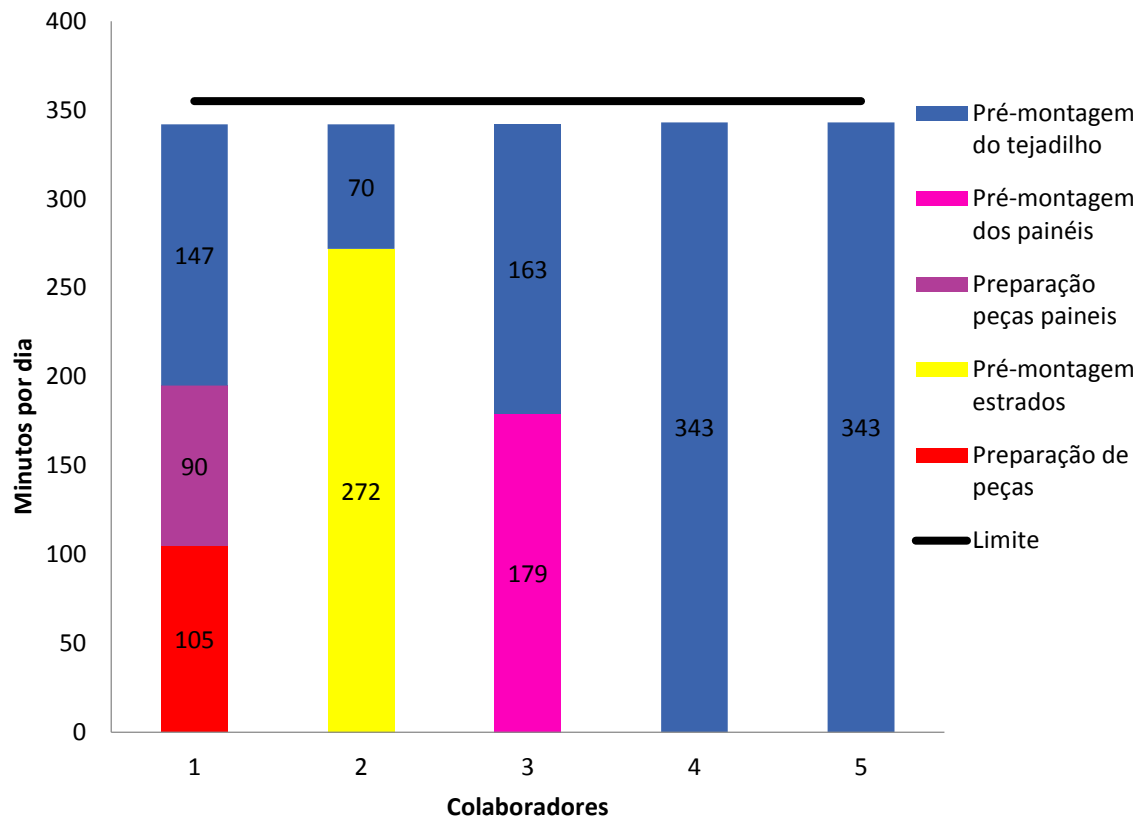


Figura D. 1 – *Yamazumi* das montagens paralelas

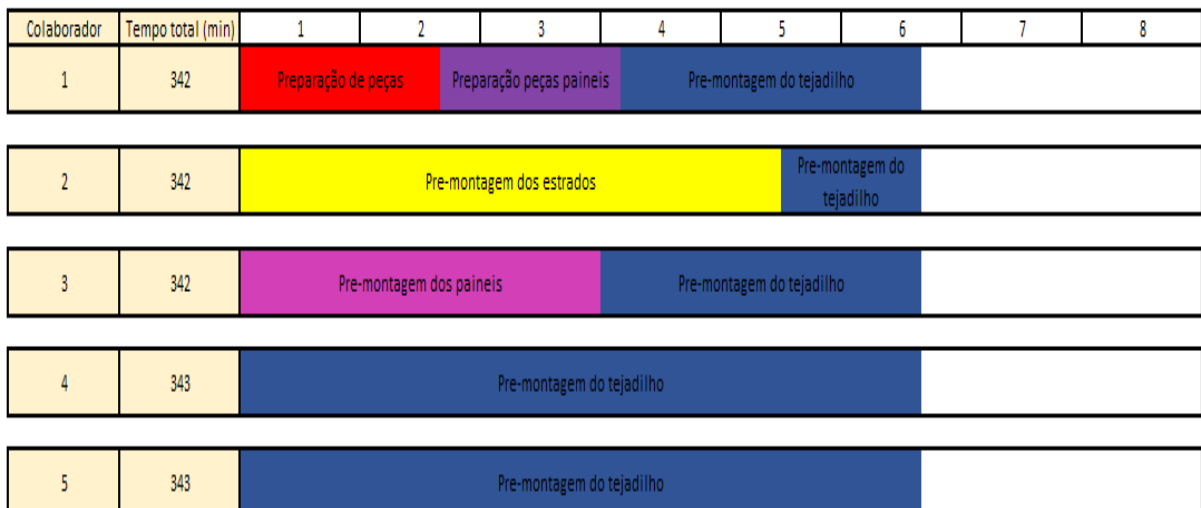


Figura D. 2 – Diagrama de *Gantt* das montagens paralelas

Nota: O colaborador 1 realiza as duas primeiras tarefas com um *takt* de antecedência.

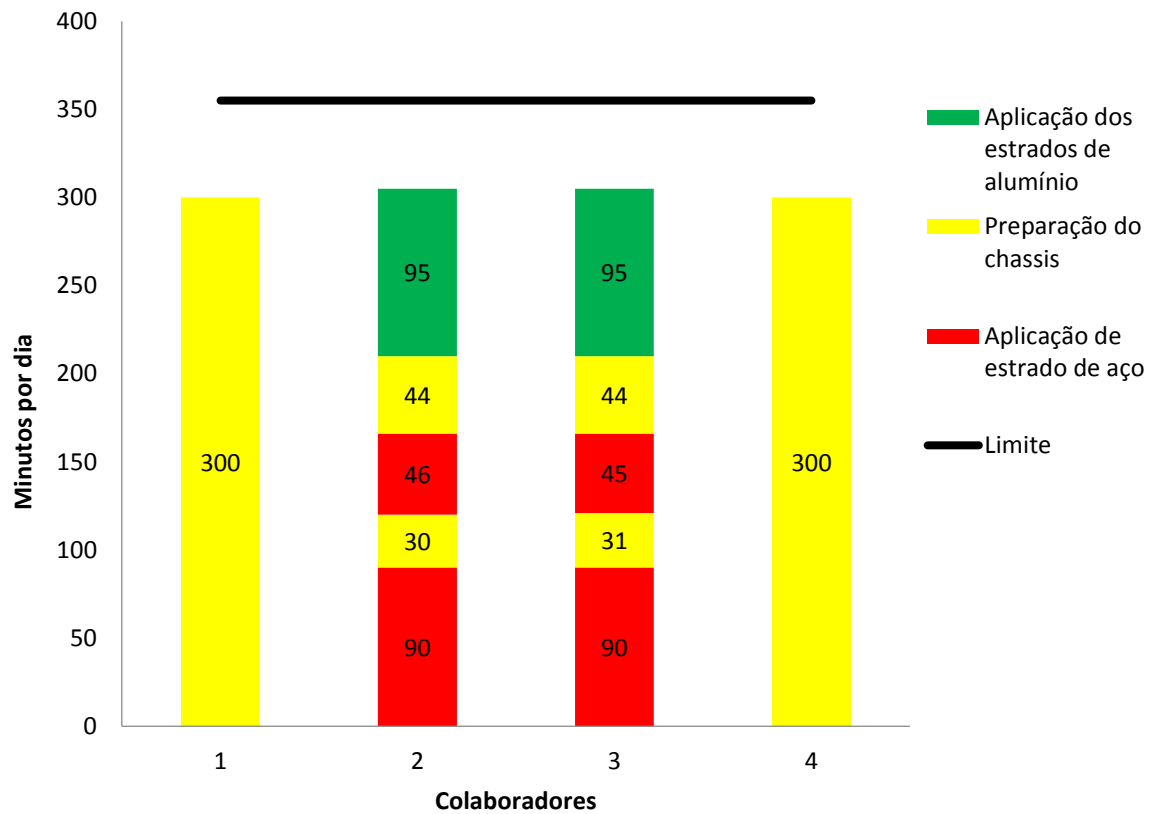


Figura D. 3 – *Yamazumi* do posto 1



Figura D. 4 – Diagrama de *Gantt* do posto 1



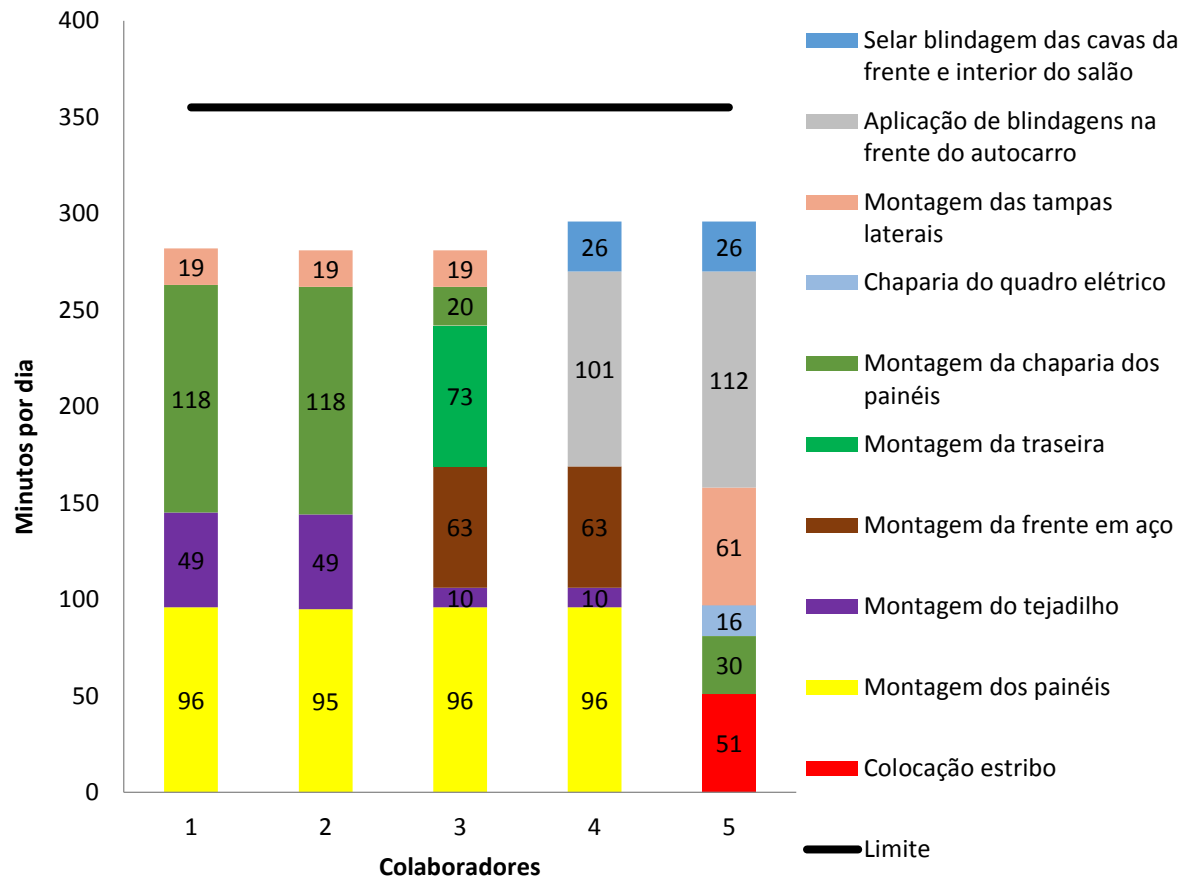


Figura D. 5 – Yamazumi do posto 2

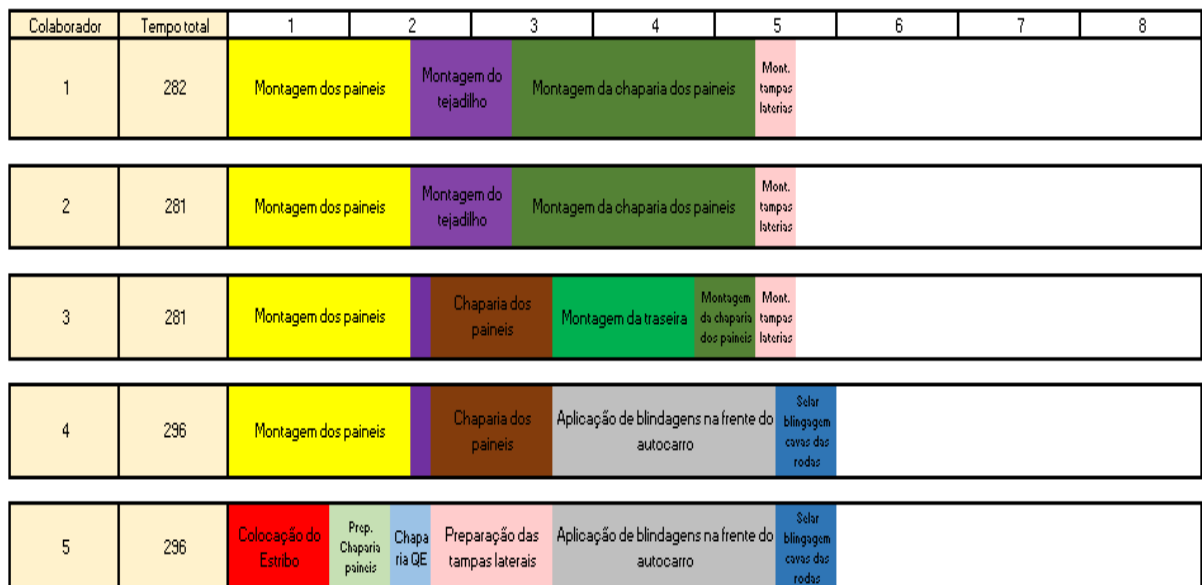


Figura D. 6 – Diagrama de Gantt do posto 2

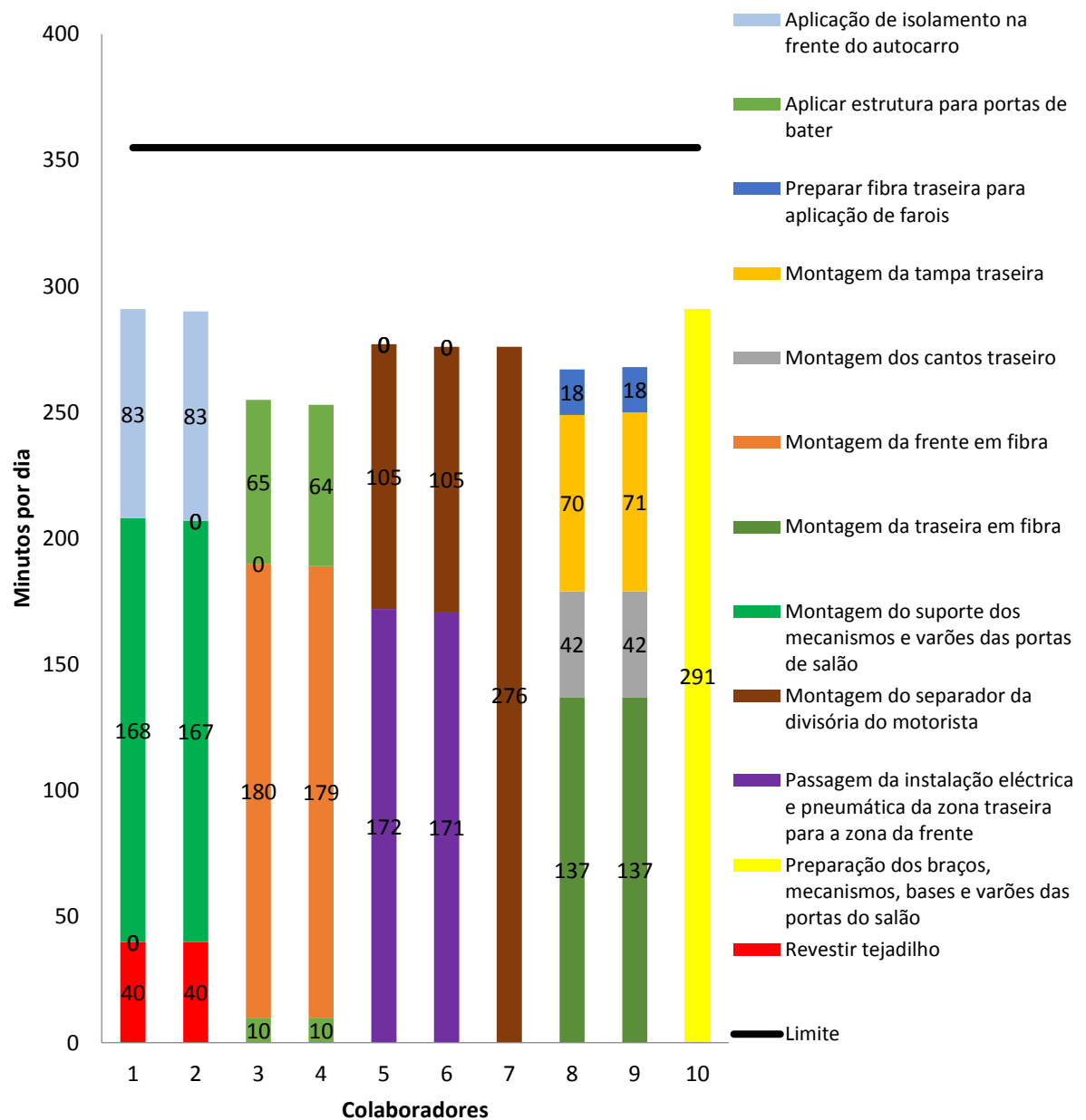


Figura D. 7 – Yamazumi do posto 3

Colaborador	Tempo total (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	291	Revestir tejadilho	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas de salão			Aplicação de isolamento na frente do autocarro			
2	290	Revestir tejadilho	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas de salão			Aplicação de isolamento na frente do autocarro			
3	255	Montagem da frente em fibra			Aplicar estrutura para portas de bater				
4	253	Montagem da frente em fibra			Aplicar estrutura para portas de bater				
5	277	Passagem da instalação eléctrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente			Montagem do separador da divisória do motorista				
6	276	Passagem da instalação eléctrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente			Montagem do separador da divisória do motorista				
7	276	Montagem do separador da divisória do motorista							
8	267	Montagem da traseira em fibra		Montagem das rodas traseiras	Montagem da tampa traseira		Ferris fibra		
9	268	Montagem da traseira em fibra		Montagem das rodas traseiras	Montagem da tampa traseira		Ferris fibra		
10	328	Preparação dos braços, mecanismos, bases e varões das portas do salão							

Figura D. 8 – Diagrama de *Gantt* do posto 3

## Melhorias no fabrico e balanceamento de um produto em arranque de produção

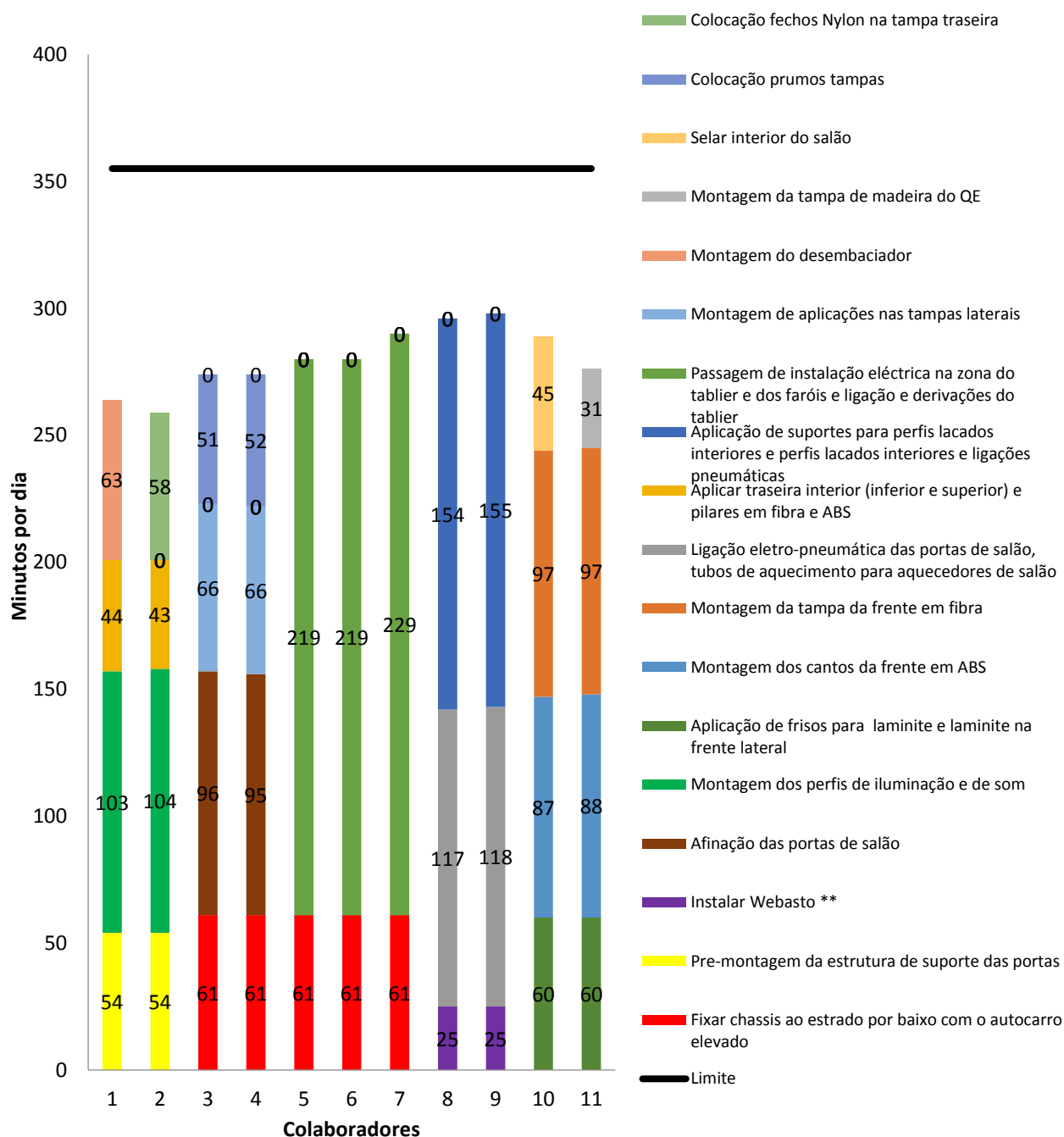


Figura D. 9 – Yamazumi do posto 4

Nota: Os colaboradores 10 e 11 executam as suas tarefas em 2º turno.

Colaborador	Tempo total (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	264	Pré-montagem da estrutura do suporte do motor	Montagem dos perfis de iluminação	Aplicar travessa interior	Montagem do desembaciador				
2	259	Pré-montagem da estrutura do suporte do motor	Montagem dos perfis de iluminação	Aplicar travessa interior	Colocação fechos de nylon na tampa traseira				
3	274	Fixar chassis ao estrado (curro derivado)	Afinação das portas de salão	Montagem de aplicações nas tampas laterais	Selar interior				
4	274	Fixar chassis ao estrado (curro derivado)	Afinação das portas de salão	Montagem de aplicações nas tampas laterais	Selar interior				
5	280	Fixar chassis ao estrado (curro derivado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
6	280	Fixar chassis ao estrado (curro derivado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
7	290	Fixar chassis ao estrado (curro derivado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
8	296	Instalar Webasto	Ligação eletro-pneumática das portas de salão	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas					
9	296	Instalar Webasto	Ligação eletro-pneumática das portas de salão	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas					
10	289	Aplicação de frisos para laminite	Montagem dos cantos da frente em Abs	Montagem da tampa da frente em fibra	Selar interior do salão				
11	276	Aplicação de frisos para laminite	Montagem dos cantos da frente em Abs	Montagem da tampa da frente em fibra	Tampa madeira OE				

Figura D. 10 – Diagrama de *Gantt* do posto 4

Nota: Os colaboradores 10 e 11 executam as suas tarefas em 2º turno.

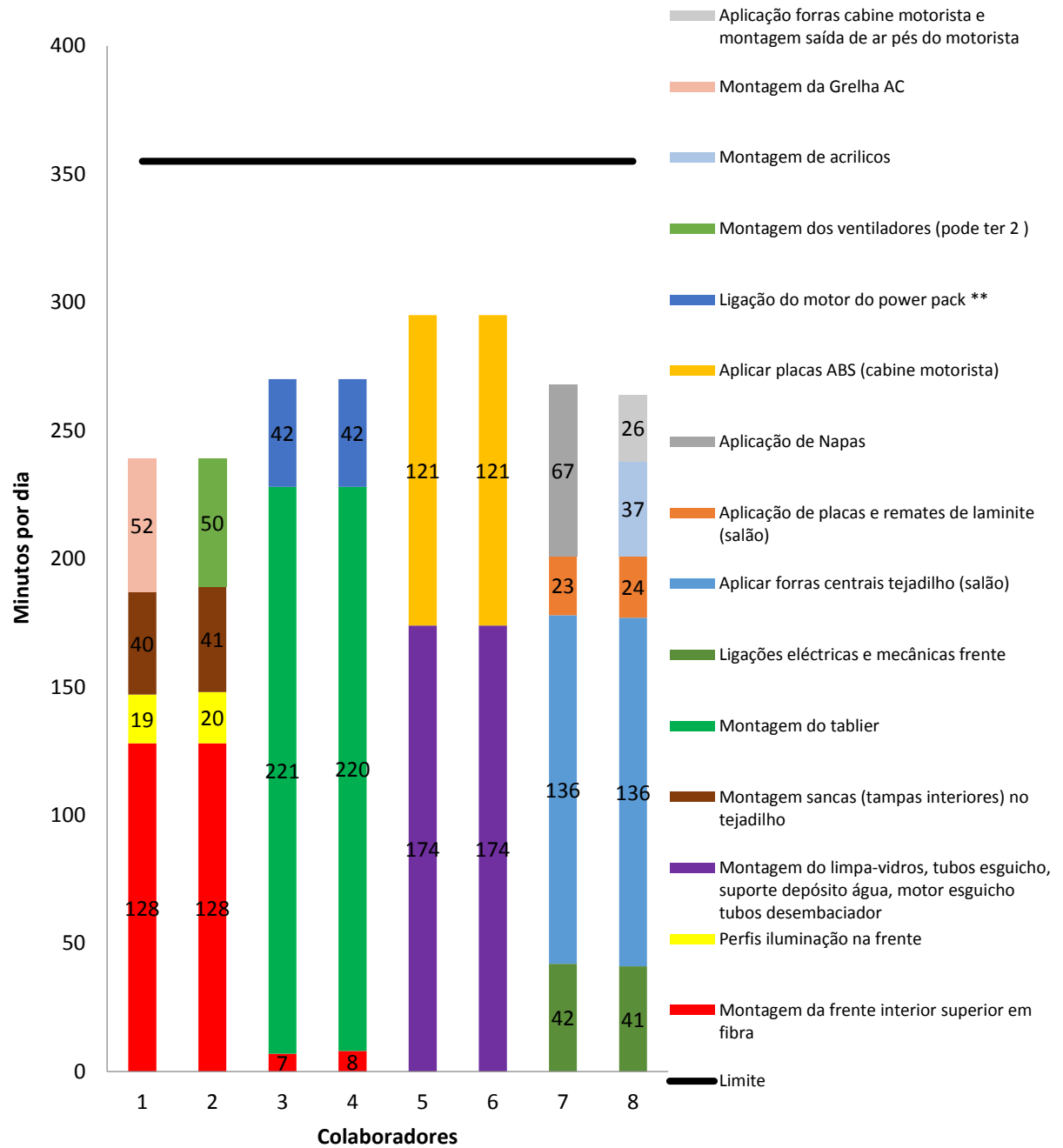


Figura D. 11 – Yamazumi do posto 5

Nota: Os colaboradores 7 e 8 executam as suas tarefas em 2º turno.

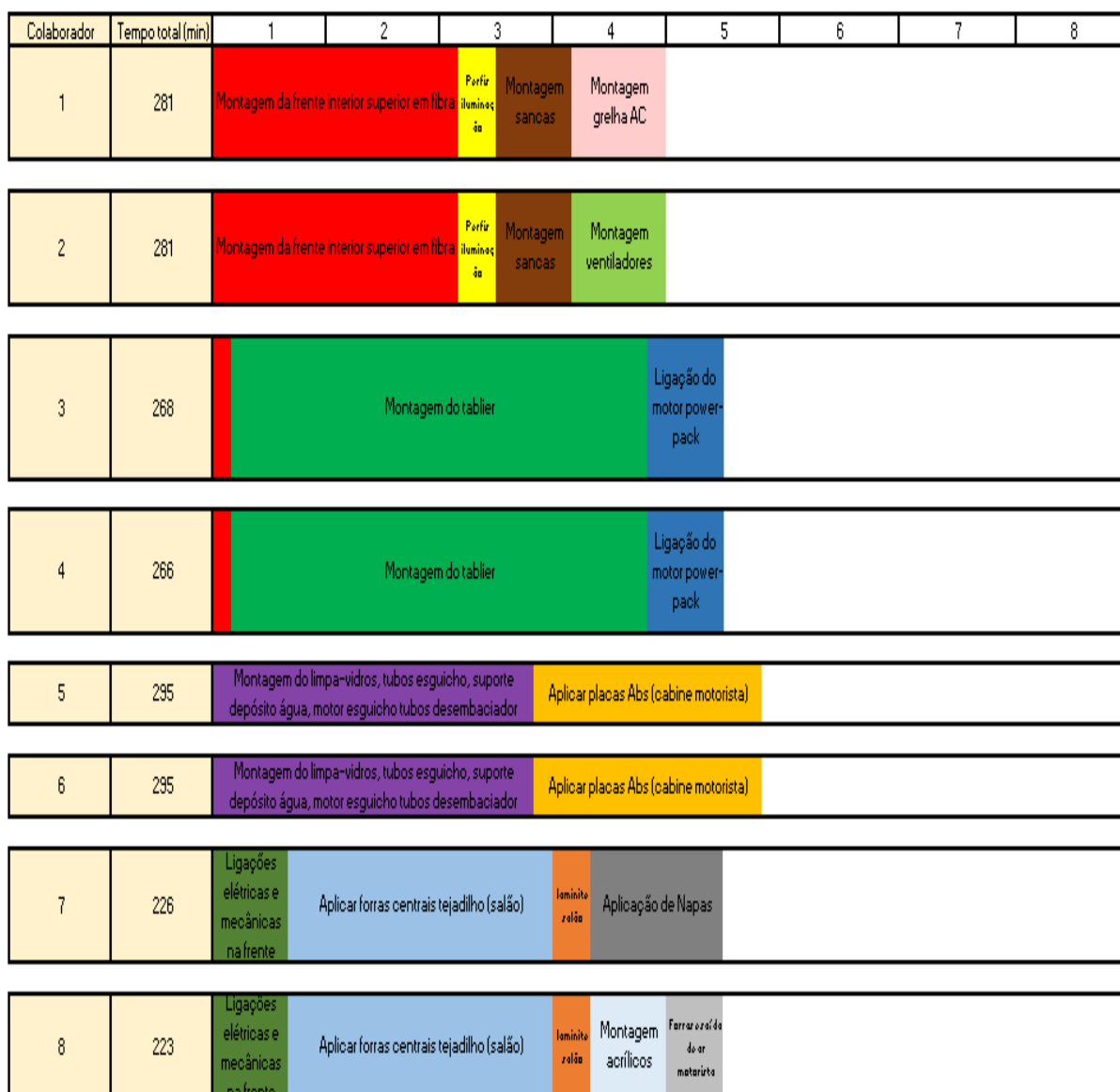


Figura D. 12 – Diagrama de *Gantt* do posto 5

Nota: Os colaboradores 7 e 8 executam as suas tarefas em 2º turno.

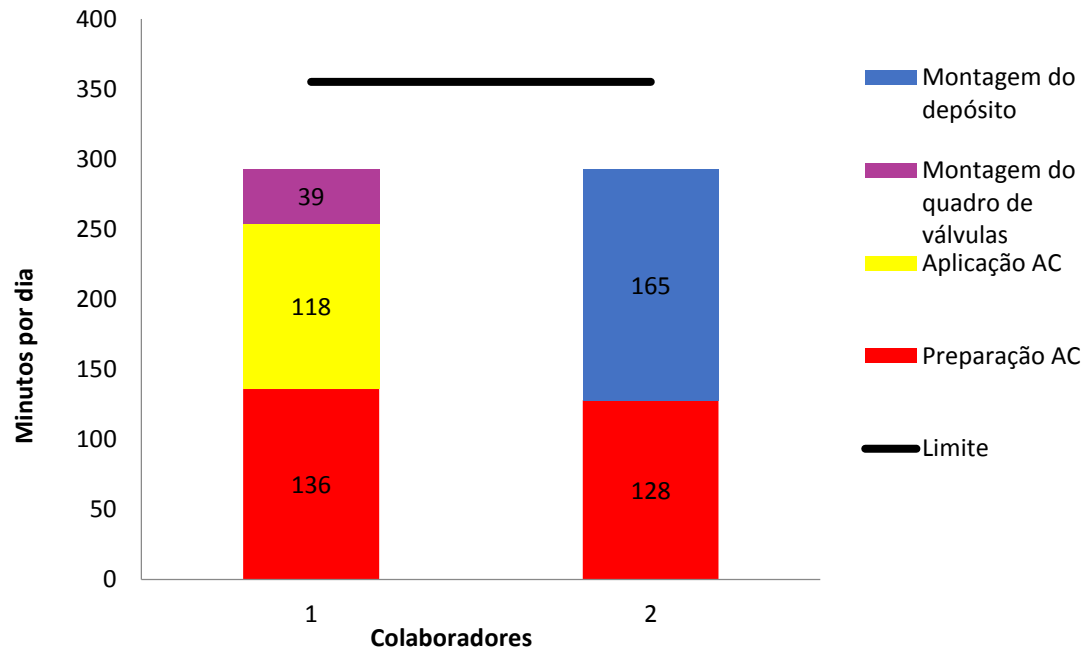


Figura D. 13 – *Yamazumi* das tarefas associadas aos mecânicos

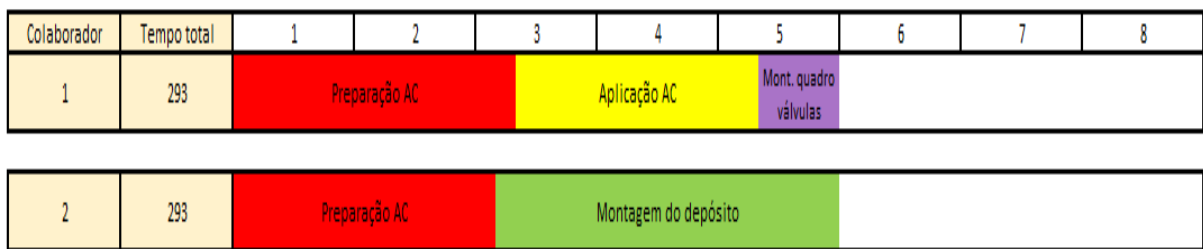


Figura D. 14 – Diagrama de *Gantt* das tarefas associadas aos mecânicos



## Anexo E: Balanceamento dos postos de trabalho (7 autocarros por semana)

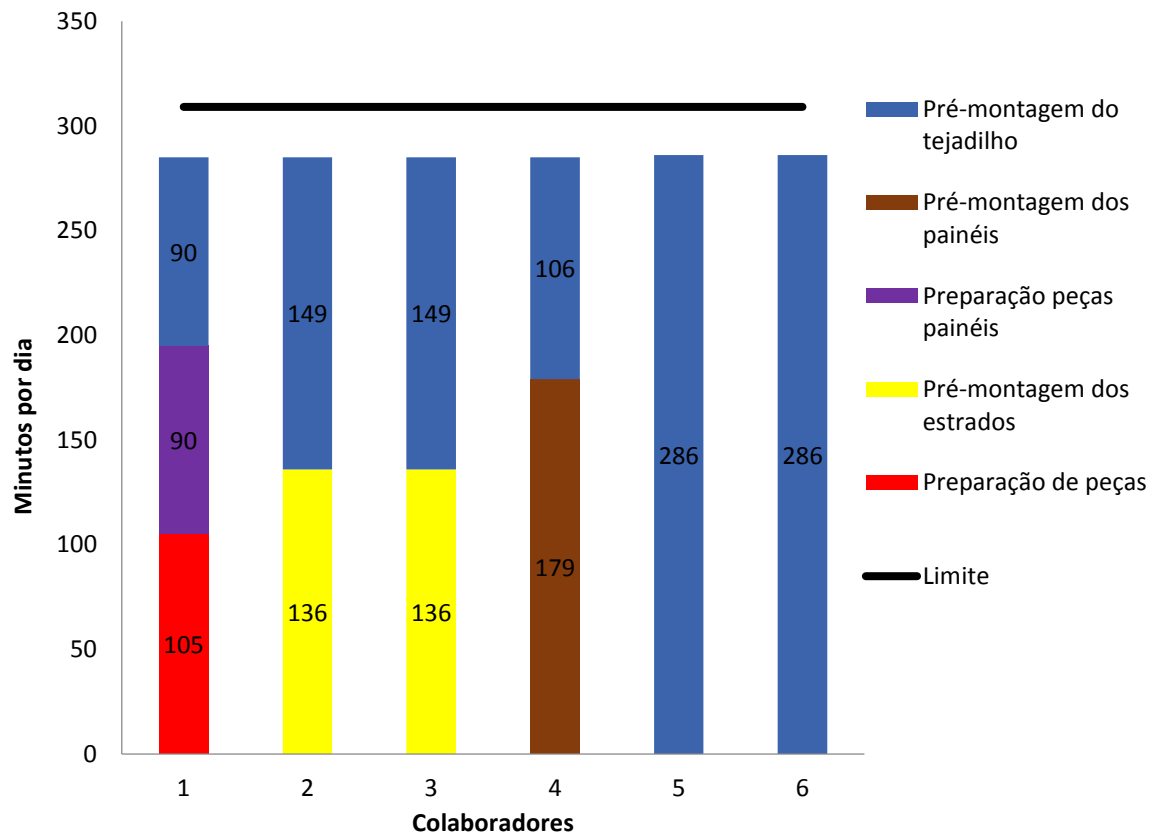


Figura E. 1 – Yamazumi das montagens paralelas

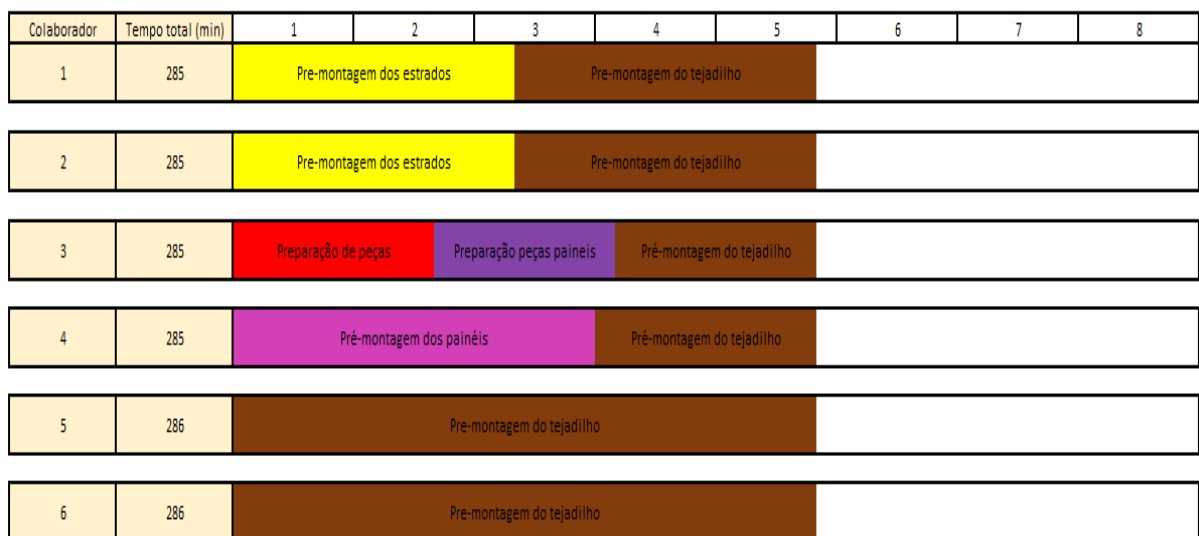


Figura E. 2 – Diagrama de Gantt das montagens paralelas

Nota: O colaborador 1 realiza as duas primeiras tarefas com um *takt* de antecedência.

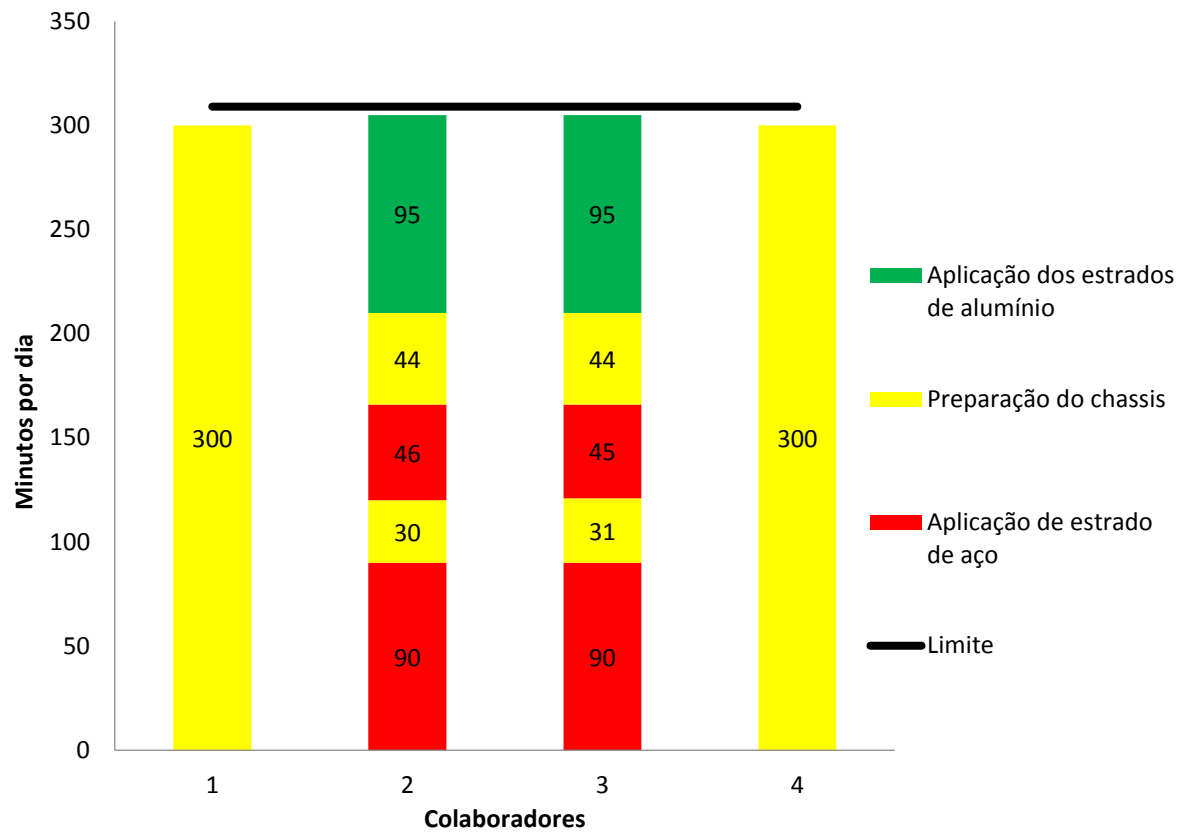


Figura E. 3 – *Yamazumi* do posto 1

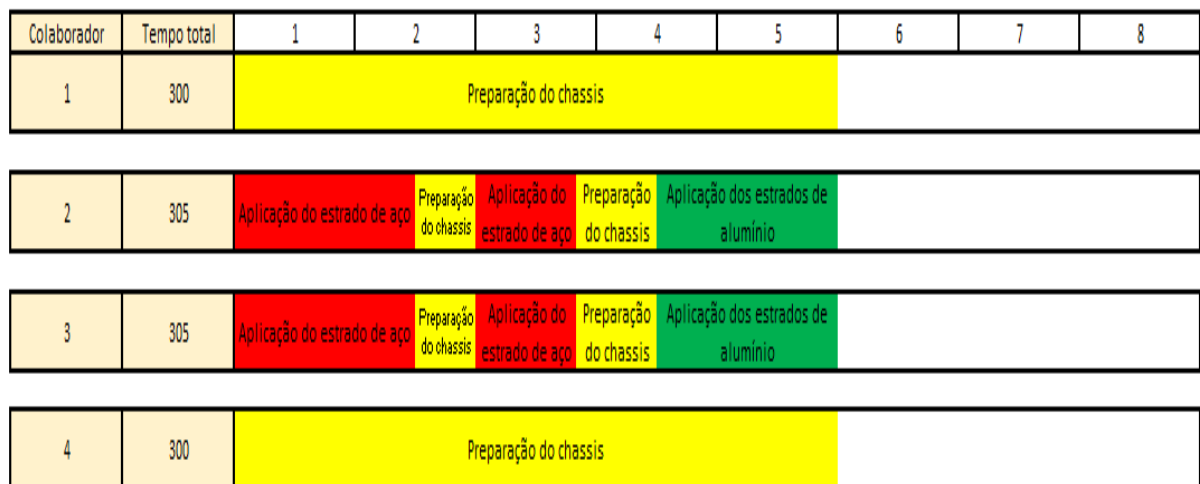


Figura E. 4 – Diagrama de *Gantt* do posto 1

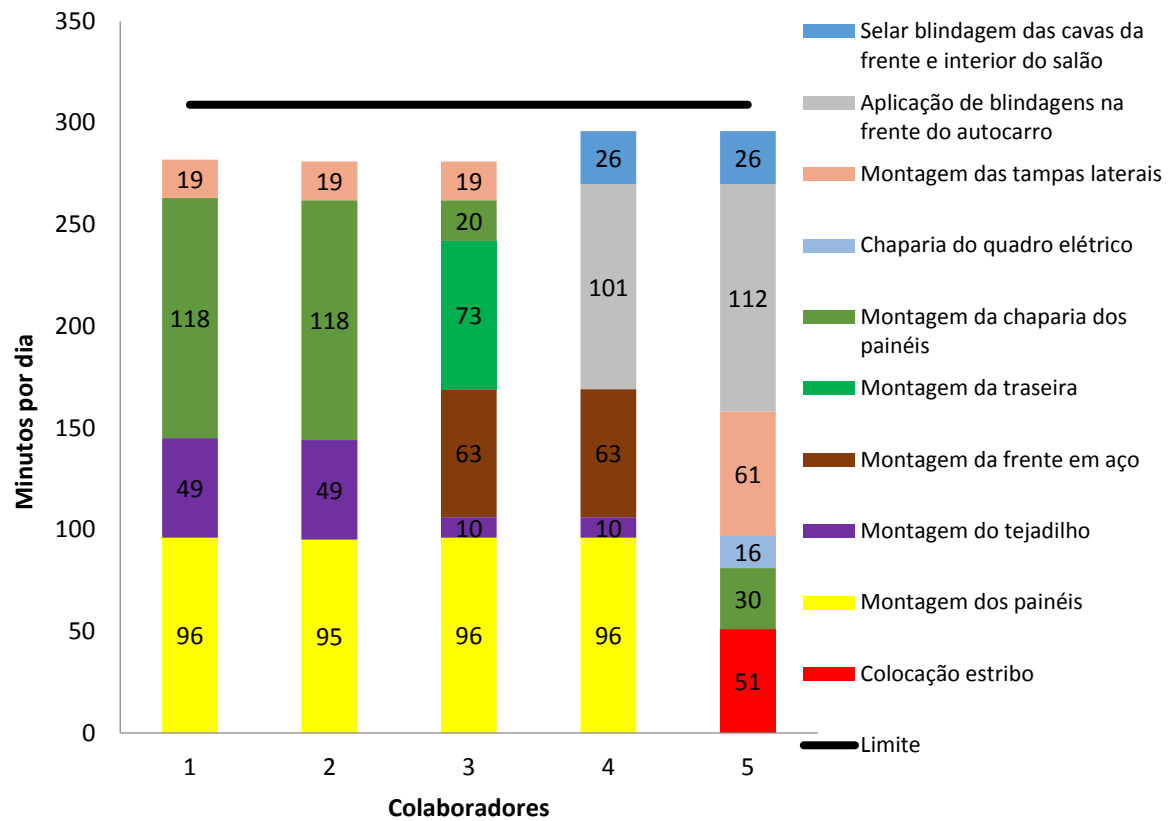


Figura E. 5 – Yamazumi do posto 2

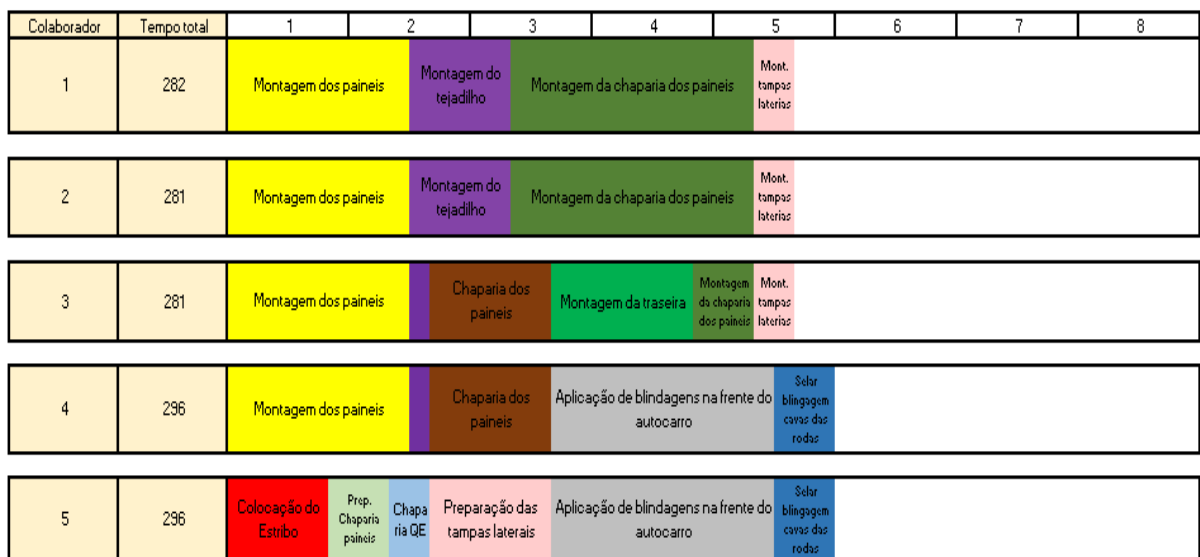


Figura E. 6 – Diagrama de Gantt do posto 2

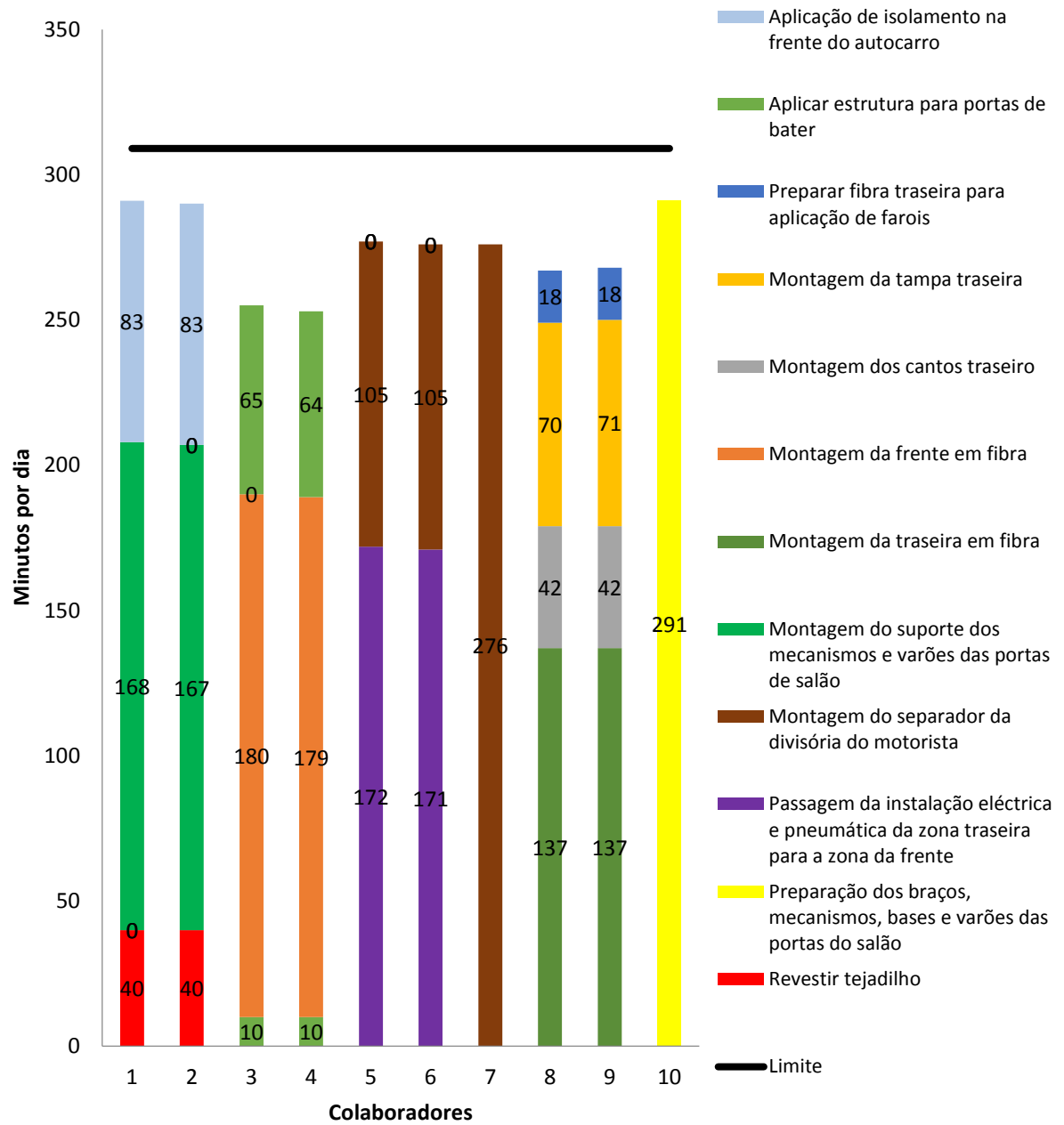


Figura E. 7 – Yamazumi do posto 3

Colaborador	Tempo total (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	291	Revestir tejadilho	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas de salão		Aplicação de isolamento na frente do autocarro				
2	290	Revestir tejadilho	Montagem do suporte dos mecanismos e varões das portas de salão		Aplicação de isolamento na frente do autocarro				
3	255	Montagem da frente em fibra			Aplicar estrutura para portas de bater				
4	253	Montagem da frente em fibra			Aplicar estrutura para portas de bater				
5	277	Passagem da instalação eléctrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente			Montagem do separador da divisória do motorista				
6	276	Passagem da instalação eléctrica e pneumática da zona traseira para a zona da frente			Montagem do separador da divisória do motorista				
7	276	Montagem do separador da divisória do motorista							
8	267	Montagem da traseira em fibra		Montagem dos cantos traseiros	Montagem da tampa traseira	Faróis fibra traseira			
9	268	Montagem da traseira em fibra		Montagem dos cantos traseiros	Montagem da tampa traseira	Faróis fibra traseira			
10	328	Preparação dos braços, mecanismos, bases e varões das portas do salão							

Figura E. 8 – Diagrama de *Gantt* do posto 3

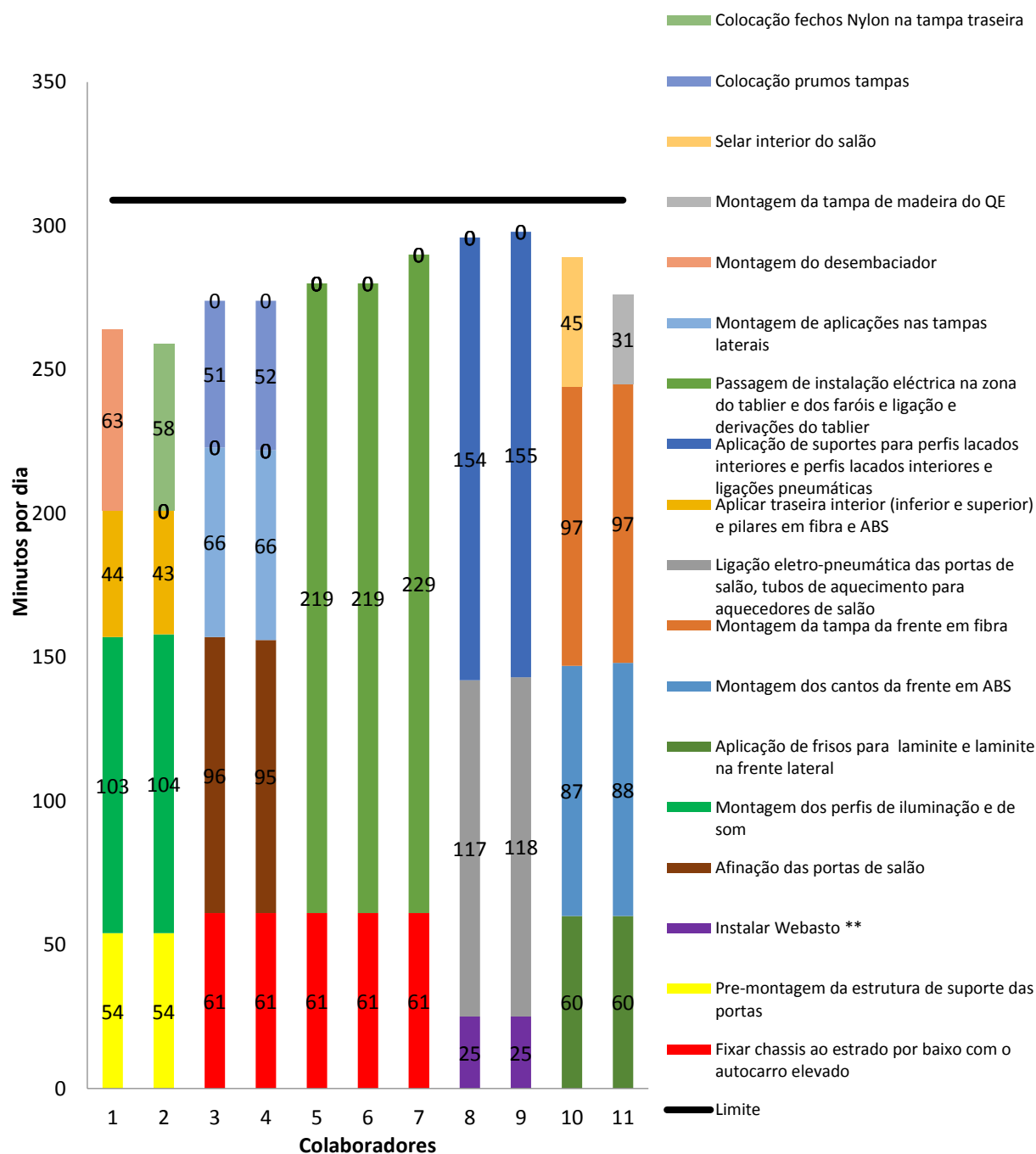


Figura E. 9 – Yamazumi do posto 4

Nota: Os colaboradores 10 e 11 executam as suas tarefas em 2º turno.

## Melhorias no fabrico e balanceamento de um produto em arranque de produção

Colaborador	Tempo total (min)	1	2	3	4	5	6	7	8
1	264	Pré-montagem da estrutura do suporte do assento	Montagem dos perfis de iluminação	Aplicar travessa interior	Montagem do desembaciador				
2	253	Pré-montagem da estrutura do suporte do assento	Montagem dos perfis de iluminação	Aplicar travessa interior	Colocação fechos de nylon na tampa traseira				
3	274	Fixar chassis ao estrado (carro elevado)	Afinação das portas de salão	Montagem de aplicações nas tampas laterais	Selar interior				
4	274	Fixar chassis ao estrado (carro elevado)	Afinação das portas de salão	Montagem de aplicações nas tampas laterais	Selar interior				
5	280	Fixar chassis ao estrado (carro elevado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
6	280	Fixar chassis ao estrado (carro elevado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
7	290	Fixar chassis ao estrado (carro elevado)	Passagem de instalação eléctrica na zona do tablier e dos faróis e ligação e derivações do tablier						
8	296	Instalar Webasto	Ligação eletro-pneumática das portas de salão	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas					
9	298	Instalar Webasto	Ligação eletro-pneumática das portas de salão	Aplicação de suportes para perfis lacados interiores e perfis lacados interiores e ligações pneumáticas					
10	289	Aplicação de frisos para laminite	Montagem dos cantos da frente em Abs	Montagem da tampa da frente em fibra	Selar interior do salão				
11	276	Aplicação de frisos para laminite	Montagem dos cantos da frente em Abs	Montagem da tampa da frente em fibra	Tampa madeira OE				

Figura E. 10 – Diagrama de *Gantt* do posto 4

Nota: Os colaboradores 10 e 11 executam as suas tarefas em 2º turno.

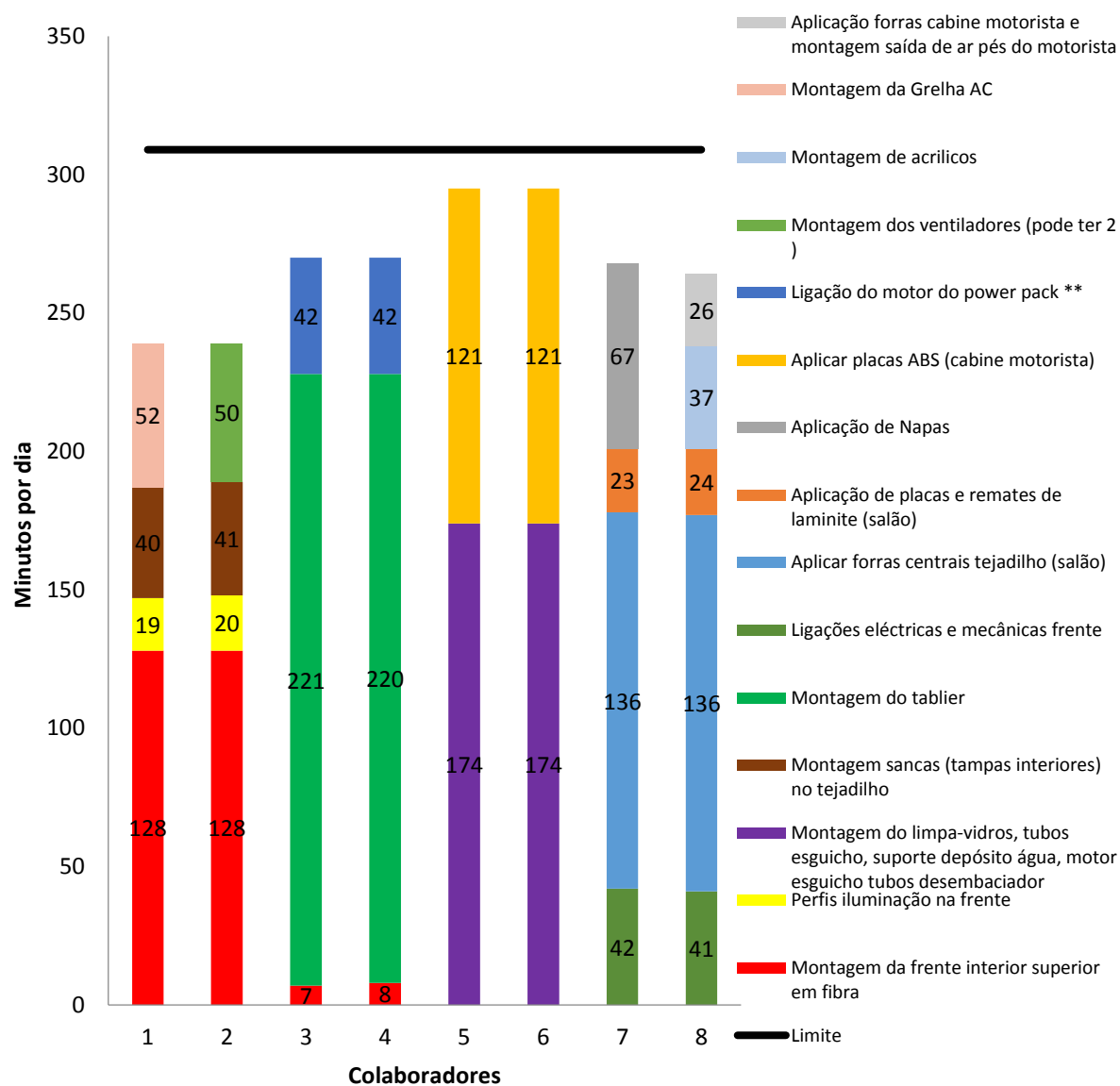


Figura E. 11 – Yamazumi do posto 5

Nota: Os colaboradores 7 e 8 executam as suas tarefas em 2º turno



# Melhorias no fabrico e balanceamento de um produto em arranque de produção

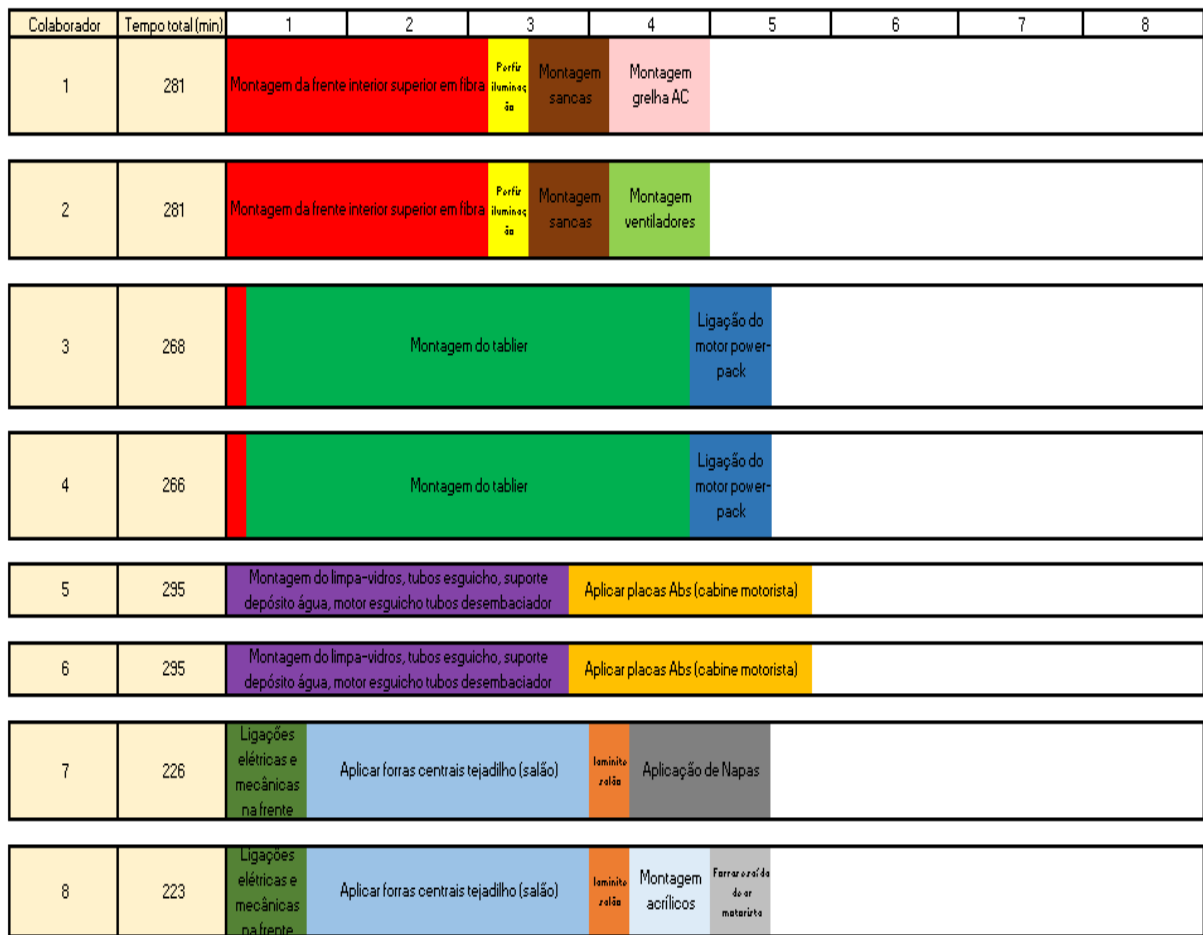


Figura E. 12 – Diagrama de *Gantt* do posto 5

Nota: Os colaboradores 7 e 8 executam as suas tarefas em 2º turno

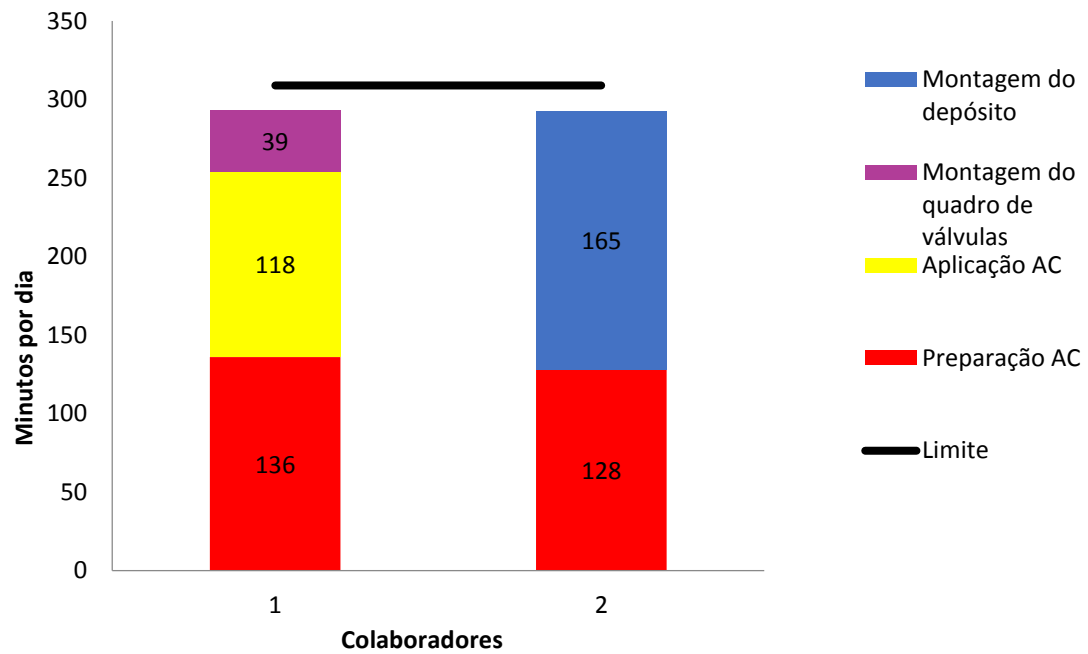


Figura E. 13 – *Yamazumi* das tarefas associadas aos mecânicos

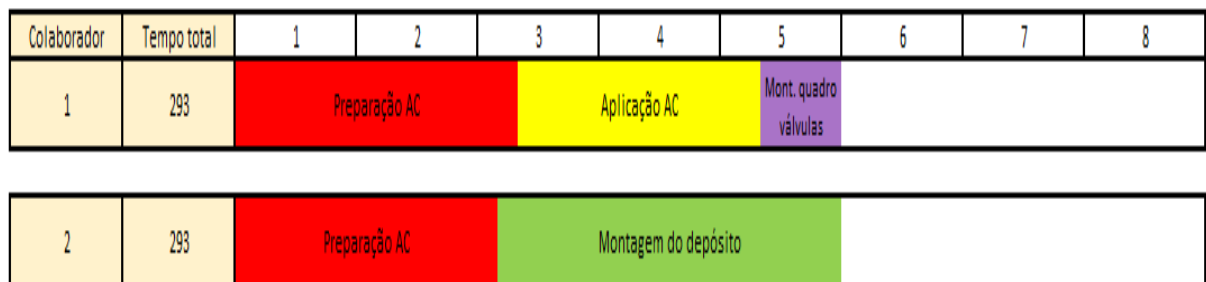


Figura E. 14 – Diagrama de *Gantt* das tarefas associadas aos mecânicos

## Anexo F: Folha de tarefas (colaborador 7 do posto 3, idêntico em ambos os balanceamentos)

CAETANO BUS		Ficha Normalizada de Trabalho		Modelo: Cobus 3002			
PRDI		Operador		PEP:			
Elaborado: Riber Ferreira		em 10/06/2016		Secção: 4026			
		Alterações:		Posto: 3			
Operação				Tempo (min)	Tempo Acumulado (min)	Meio Produção	Rabeira
1	Colocação de fita inasal chaparia divisória	Montagem do separador da divisória do motorista	7	7			
2	Desengordurar cablagens na zona da divisória		3	10			
3	Colocação chapas superiores da divisória (direita e esquerda)		14	24			
4	Aplicar tratamento anticorrosivo na chaparia do quadro elétrico		1	25			
5	Aplicar cola na chaparia do quadro elétrico		24	49			
6	Aplicar chaparia na zona do quadro elétrico		5	54			
7	Preparar chaparia da divisória		16	70			
8	Aplicar chaparia da divisória		28	98			
9	Aplicar cantoneiras (Furar; Escarear)		10	108			
10	Preparar canelão		8	116			
11	Colocar canelão		37	153			
12	Colocar quadro elétrico		4	157			
13	Aplicar forras verticais da divisória e tubos de aquecimento		20	177			
14	Colocar suportes e travessa da divisória		18	195			
15	Colocar travessa da divisória		10	205			
16	Marcar e furar chapa da divisória		12	217			
17	Aplicar fita inasal na chapa da divisória		3	220			
18	Aplicar chapa da divisória		14	234			
19	Preparar forra superior da chapa da divisória		15	249			
20	Soldar aranha da divisória		27	276			
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							
32							
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41							
42							
43							
44							
45							

Validação PEM:	Obs: Em caso de necessidade da empresa as tarefas indicadas pelos chefes de equipa sobrepor-se-ão às folhas de tarefa.
----------------	--

Figura F. 1 – Exemplo de uma folha de tarefa elaborada para um dos colaboradores